VM 31.

Techn
2

städt. Bauamt

1 - 30.

N° M. 3.

Städtisches Eigenthum.

M. 3.

Die Lehre
vom
Steinschnitte,
zum Gebrauche
für
Civilingenieure und die Studirenden an Bauschulen, höheren Gewerbsschulen und polytechnischen Lehranstalten,

von
J. ADHÉMAR,
Professor der Mathematik.

Aus dem Französischen übersetzt, durch Zusätze erweitert und mit einem Anhange versehen, enthaltend: Die Erklärungen der Tafeln des Steinschnittes aus der Sammlung: Épures à l'usage de l'école polytechnique,

von
O. Möllinger,
Professor der Mathematik.

Mit einem Atlas.

Solothurn,
Im Verlage der Gesellschaft für gemeinnützige Volksbildung.

1838.

STADTBIBLIOTHEK AUGSBURG
Städt. Bau-Bureau Augsburg.

Vorrede des Uebersetzers.

Die treffliche Anlage des Originalwerkes und seine Reichhaltigkeit, die Kürze, Bestimmtheit und Klarheit des Ausdruckes, die ächt wissenschaftliche Behandlung aller vorkommenden Aufgaben mit stäter Beziehung zur räumlichen Konstruktionslehre, die schöne Ausführung der zahlreichen Entwürfe, so wie endlich der Umstand, daß dieser Theil der angewandten Mathematik von deutschen Schriftstellern noch nicht in der Weise bearbeitet wurde, wie es die Wichtigkeit des Gegenstandes und der neuere Standpunkt der Civilingenieurwissenschaften erfordert, machte in uns den Gedanken rege, zur Verbreitung des vorliegenden Werkes unser Möglichstes beizutra-

gen, und wir erfaßten denselben um so lebhafter, als sich bei einem tieferen Studium ergab, daß der Verfasser nicht allen fruchtbaren Boden bebaut hatte, sondern daß noch einige nützliche Pflanzungen anzulegen waren. Wir verstehen darunter: 1) Die dem Originaltexte in Anmerkungen beigefügten Erweiterungen. Dieselben sind mit Auswahl gegeben, und werden allen Anfängern erwünscht seyn. 2) Die hinzugefügten Erklärungen der Tafeln des Steinschnittes aus der Tafelsammlung der Pariser polytechnischen Schule, um den Schülern der deutschen polytechnischen Schulen bei ihren Selbstübungen (wozu dieselben auch an der Pariserschule bestimmt sind) einen Leitfaden an die Hand zu geben. 3) Die Anwendung der isometrischen Perspektive sowohl auf die graphische Darstellung der einzelnen Steine als auf die Ausführung der entsprechenden Steinschnitte selbst. Die Vortheile dieser neuen Methode möchten in der Praxis um so größer seyn, als hierdurch nicht nur die mühsamen und zeitraubenden Konstruktionen der einem jeden Steine eigenthümlichen Lehren ganz überflüssig werden und nur noch diejenige Lehren zu konstruiren sind, welche den erzeugenden Linien oder den Leitlinien der krummen Flächen angehören, sondern auch die im verjüngten Maaß-

stabe ausgeführte Zeichnung, den bei der Darstellung des Steines zu befolgenden Weg auf das Deutlichste angibt, wodurch die Ausführung schwieriger Steine ungemein erleichtert werden muß. Ueberhaupt wäre zu wünschen, daß die so einfache und leichte isometrisch-perspektivische Darstellungsmethode, nach welcher man einen beliebig geformten Körper aus seinen Projektionen mit derselben Leichtigkeit von acht verschiedenen Seiten zur Anschauung bringen kann, eine größere Verbreitung fände, als dieß bis jetzt geschehen ist, da sie die Form der dargestellten Gegenstände nicht nur viel deutlicher erkennen läßt, als die Projektionen derselben, sondern auch noch die Vorzüge der letzteren in sich vereinigt, indem man die wahre Größe aller vorkommenden Linien eben so leicht, als mittelst der Projektionen selbst bestimmen kann. Aus diesem Grunde schien es uns zweckmäßig, die vom Verfasser nach der gewöhnlichen (unseres Erachtens für den Ingenieur vollkommen werthlosen) Methode perspektivisch gezeichneten Darstellungen der einzelnen Hauptsteine nach der oben erwähnten isometrischen Methode neu zu entwerfen.

Der Uebersetzer.

Bemerkung.

Alle mit Sternchen (*) bezeichneten Figuren sind in dem Atlas des Originalwerkes nicht vorhanden.

Einleitung.

Die **Steinbaukunst** zerfällt in zwei Theile, von welchen sich der erstere mit der Bestimmung der Form beschäftigt, welche das aufzuführende Gebäude erhalten soll, und der zweite die Anordnung und die Ausführung der einzelnen Steine behandelt, aus welchen das ganze Gebäude zusammengesetzt wird.

Die Form der verschiedenen Steine, welche ein Steinsystem bilden, hängt von den Gesetzen des Gleichgewichts ab.

Bei der Bestimmung dieser Form hat man nicht nur auf den gegenseitigen Druck der Steine, sondern auch auf die Größe der Last Rücksicht zu nehmen, welche das Gebäude seiner Bestimmung gemäß zu tragen hat.

Dieser Theil der angewandten Konstruktionslehre gehört in das Bereich des Architekten, welcher denjenigen, die mit der **Ausführung** des Baues beauftragt sind, durch Grundrisse, Aufrisse und Durchschnitte, die Dimensionen der verschiedenen Theile des Gebäudes zu bestimmen hat.

Zur näheren Kenntniß der Bedingungen, welche den Gesetzen des Gleichgewichtes am meisten entsprechen, verweisen wir den Leser auf die angewandte Statik, und indem wir als Folge dieser Gesetze immer **die** Form wählen, welche den verschiedenen Theilen eines Systemes am besten entspricht, werden wir uns die Bestimmung der Gestalt und der Dimensionen eines

jeden Steines, in Berücksichtigung der Stelle, welche er in dem Systeme einnimmt, zur Aufgabe machen.

Noch muß ich voraussetzen, daß der Leser mit der räumlichen Konstruktionslehre (Géométrie descriptive) vertraut sey, und alle Konstruktionen selbst ausgeführt habe.

Dieses vorbereitende Studium wird das Studium des Steinschnittes eher beschleunigen als verzögern, und man kann, wie sonderbar dieß auch scheinen möchte, mit Gewißheit behaupten, daß es nicht so viele Zeit koste, zuerst die räumliche Konstruktionslehre, und dann die Lehre vom Steinschnitte, als diese letztere allein zu studiren.

Ich werde daher zur Erklärung der Ausdrücke: Projektionen der Punkte, der Linien und Körper, Leitlinien (traces) und Durchschnitte der Ebenen, so wie in Bezug auf die Konstruktionen der krummen Linien, die Definitionen der krummen Flächen und ihrer Erzeugung, die Konstruktionen ihrer Durchschnitte und ihrer Tangentialebenen rc. auf die räumliche Konstruktionslehre verweisen.

Sollte dem Leser die Konstruktion des einen oder des anderen Steines Schwierigkeiten darbieten, so rathen wir ihm, denselben in Gyps zu modelliren.

Die Werkzeuge, so wie die Art, sich ihrer zu bedienen, können hier nicht angeführt werden. Dieß lernt man besser auf dem Bauplatze als in einem Werke.

Wir werden nun unmittelbar zur Ausführung der Entwürfe übergehen, welche zur Konstruktion der den verschiedenen Steinen zukommenden Formen nothwendig sind. Diesen Theil der Konstruktionslehre nennt man die Zurüstung (l'appareil), und denjenigen, der sich mit der Ausführung jener Formen beschäftigt, einen Steinmetz (l'appareilleur).

Die Lehre vom Steinschnitte.

Erster Abschnitt.

Von den durch Ebenen begrenzten Steinsystemen.

Erstes Kapitel.

Von den Mauern. (Des Murs.)

§ 1. Die Mauern werden theils zur Einschließung von unbedeckten Räumen, theils zur Unterstützung von Erdmassen, theils als Träger und Widerlager von Steingewölben, Dachstühlen und der aus Eisen konstruirten Theile eines Gebäudes angewendet. Die Gestalt einer Mauer und die Größe ihrer Dimensionen hängen daher immer von dem besonderen Zwecke derselben ab.

Die Festigkeit einer Mauer ist nicht allein durch die Größe und Beschaffenheit der zu ihrem Bau verwendeten Steine, sondern auch durch eine zweckmäßige Anordnung derselben bedingt.

§ 2. Die Steine bestehen in der Regel aus parallelen Schichten, welche in den Steinbrüchen eine meist horizontale

Lage haben. Sie werden hier in Gestalt rechtwinklicher Parallelopippeden gebrochen und die Schichten, nach welchen sie sich ablösen, heißen Lagerschichten (lits de carrière) oder die natürlichen Lager der Steine.

§ 3. Bei der Aufführung eines Gebäudes muß man den Steinen in jeder Stelle, die sie einnehmen, wo möglich eine solche Lage geben, daß ihre Lagerschichten auf der Richtung derjenigen Kraft, die am stärksten auf sie wirkt, senkrecht stehen.

§ 4. Unter der Versatzfläche (lit de pose) eines Steines versteht man diejenige, mit welcher er auf die vor ihm versetzten Steine aufgelegt wird. Sehr häufig, besonders bei den Mauern, fällt die Versatzfläche mit dem natürlichen Lager des Steines zusammen, und muß in diesem Falle eine horizontale Lage haben.

§ 5. Unter den frei liegenden Flächen (paremens) eines Steines versteht man diejenigen, welche unbedeckt sind, und die Mauerhäupter bilden.

§ 6. Sind die Steine hinlänglich groß, so daß ihre Breite gleich der Dicke der Mauer ist, so gibt man ihnen die durch
Fig. 1 Taf. 1. die erste Figur angezeigte Lage. Diejenigen Steine, welche in der Richtung ihrer Länge zwei freiliegende Flächen haben, nennt man: Läufer (parpaings). Befinden sich aber die freiliegenden Flächen an den beiden Enden des Steines, so heißen sie Binder oder Strecker (boutisses), und in diesem Falle nennt man die freien Flächen des Steines seine Häupter oder seine Stirnflächen (têtes de la pierre).

§ 7. Die erste Figur zeigt eine aus Läufersteinen zusammen-
Fig. 2 Taf. 1. gesetzte Mauer. In der zweiten Figur bestehen die Steinschichten abwechselnd aus Läufern und Bindern.

§ 8. In allen Fällen müssen die Steine eine solche Lage haben, daß die Stoßfugen (joints), d. h. diejenigen vertikalen Flächen, nach welchen sich zwei aufeinander folgende Steine derselben Steinschichte berühren, wo möglich der Mitte eines Steines der unteren Steinschichte entsprechen. Ich sage wo möglich, weil es zu kostspielig wäre, dieser Bedingung strenge Genüge zu leisten. Einen nach diesem Prinzip konstruirten Steinverband
Fig. 3 Taf. 1. zeigt die dritte Figur.

Die gerade Mauer. (Mur droit.)

§ 9. Unter einer geraden Mauer versteht man diejenige, welche von zwei vertikalen und mit einander parallelen Ebenen eingeschlossen ist. Die vierte Figur zeigt die Projektion einer solchen Mauer auf einer Ebene, welche auf der Längenrichtung der Mauer senkrecht steht. Fig. 4 Taf. 1.

Alle Steine derselben sind rechtwinkliche Parallelopippeden, die einander gleich und auf die in der ersten Figur angezeigte Weise angeordnet sind. Die Linien a,b und b,c zeigen die Länge und die Höhe, die Linie b'd' in der horizontalen Projektion die Breite eines Steines an.

§ 10. Zur Darstellung eines Steines (a,b,c, a'b'd'e') Figur 4 und 5 wählt man einen hinlänglich großen Steinblock, richtet auf demselben eine Ebene a,b,c,e zu, kantet ihn um und bildet eine zweite Ebene a,b,c,a', welche mit der ersten einen rechten Winkel bildet. Auf der den beiden behauenen Flächen gemeinschaftliche Kante a,b errichtet man nun die senkrechten Linien b,d und b,c, um dadurch die Lage der Stirnfläche c,b,d zu bestimmen. Auf gleiche Weise bestimmt man die gegenüberliegende Stirnfläche a'a,e durch die auf a,b senkrecht errichteten Kanten a,a' und a,e. Trägt man endlich auf diese Kanten die entsprechenden Dimensionen des Steines auf, so können auch die beiden letzten Flächen mit leichter Mühe zugerichtet werden. Fig. 5 Taf. 1.

Die Böschungsmauer. (Mur en talus.)

§ 11. Die Böschungsmauer (Fig. 6) wird zur Unterstützung von Erdmassen angewendet und soll das Herabgleiten derselben verhindern. Man gibt ihr deßwegen gegen die Basis und nach der dem Druck der Erdmasse gegenüberliegenden Seite eine größere Breite. Fig. 6 Taf. 1.

§ 12. Ist die Böschung der Mauer unbedeutend, so kann man die horizontalen Lagerfugen (coupes) wie a,b, bis zur Böschungsfläche verlängern. Ist jedoch die Böschung bedeutender, so würden die unteren Versatzflächen der Steine mit der Böschungsfläche zwei ungleiche Winkel bilden, von welchen der

eine ein spitzer wäre, ein Fall, der beim Steinschnitte im Allgemeinen vermieden werden muß. Um diesem Uebelstande zu begegnen, läßt man die horizontale Schnittfläche in einer Entfernung von 5 oder 6 Centimeter von der Böschungsfläche endigen, und richtet den Schnitt von hier an senkrecht auf die Böschungsfläche. — Freilich gehen daraus wieder zwei neue Uebelstände hervor; denn erstens wird die Größe der horizontalen Fläche, mit welcher der obere Stein auf dem unteren Steine ruht, vermindert; und zweitens berühren sich die Steine nach einer gebrochenen Fläche; wenn nun der hervorspringende stumpfe Winkel a,b,c nicht vollkommen in den entsprechenden eintretenden Winkel paßt, so wird der obere Stein nicht mit seiner ganzen Fläche auf dem unteren Steine aufruhen, und der durch das Gewicht der höher liegenden Theile des Gebäudes hervorgebrachte Druck könnte entweder den Bruch des Steines oder seine Herabgleitung auf dem geneigten Theile der Versatzfläche veranlassen. Ueberhaupt werden wir noch öfters die Bemerkung machen, daß eine Unregelmäßigkeit in der Anordnung des Ganzen oder einiger Theile eines Gebäudes immer auch eine Unregelmäßigkeit in der Form der Steine nach sich ziehe; der mit der Ausführung beauftragte Ingenieur muß daher diese Unregelmäßigkeiten wo möglich zu vermeiden, oder wenigstens ihre Anzahl zu vermindern und ihre schädliche Wirkungen aufzuheben suchen.

§ 13. Im Allgemeinen hat man beim Steinschnitte folgende Punkte zu beobachten:

1) Die Steine sollen sich, wenn hierdurch der Zweckmäßigkeit der Anordnung und der eleganten Form der Gebäude kein Eintrag geschieht, wo möglich nach ebenen Flächen berühren. Es soll daher

2) Die Berührung nach gebrochenen oder nach krummen Flächen vermieden werden.

3) Die Schnittflächen eines Steines sollen zur Vermeidung der spitzen Winkel wo möglich senkrecht auf einander stehen.

Uebrigens muß bemerkt werden, daß diesen Bedingungen nicht immer zugleich entsprochen werden kann, sondern häufig

der einen nur auf Unkosten der andern; es wird daher eine gewisse Uebung erfordert, um in den zweifelhaften Fällen denjenigen Weg einzuschlagen, welcher die wenigsten Nachtheile darbietet.

§ 14. Um den spitzen Winkel zu vermeiden, welchen die Böschungsfläche mit der Oberfläche des Bodens bildet, kann man demjenigen Theile des Steines, welcher in der Erde versetzt ist, von dem Punkte d aus einen vertikalen Schnitt geben, oder man kann die Breite des Steines um die Größe d,e vermehren, und dann die vertikale Ebene e,u anschneiden. Das erste Mittel erfordert weniger Steinmasse, das zweite vermehrt die Stabilität der Mauer, weil die Basis derselben größer wird. Fig. 6 Taf. 1.

§ 15. Bei der Ausführung des untersten Steines (Fig. 6 u. 7) der Böschungsmauer richtet man zuerst die Versatzfläche r,s,t,u zu, indem man ihr die Gestalt des Rechtecks a′e′k′f′ (Fig. 6) gibt, welches die horizontale Projektion des darzustellenden Steines ist. Man schneidet hierauf die beiden Flächen t,u,n,m und r,s,o senkrecht auf die behauene Lagerfläche des Steines, und konstruirt sich aus hölzernen Latten oder aus Eisenblech eine Form *), welche die Gestalt des Steinprofiles a,b,c,d,e,u,t hat. Diese legt man nun so auf die Fläche t,u,n, daß die Linie t,u (Fig. 6) mit t,u (Fig. 7) zusammenfällt, und reißt auf dieser, indem man an den Grenzen der Form hinfährt, die gebrochene Linie a,b,c,d,e,u,t auf. Schlägt man hierauf alle Theile des Steines, welche die Auflage des Lineals auf den oben gezogenen Umrissen verhindern, ab, so ist der Stein geschnitten. Fig. 7 Taf. 1.

Den ausgeschnittenen Formen, welche man auf den Steinflächen auflegt, um die nöthigen Umrisse zu erhalten, gibt man den Namen: Leere (panneau).

Die Ausführung der übrigen Steine bietet keine weitere Schwierigkeiten dar.

---

*) In Betreff einer anderen Methode der praktischen Ausführung der Steinschnitte, wobei die Konstruktion der Formen wegfällt, verweisen wir auf weiter unten.

Der Uebersetzer.

Die schiefe Mauer. (Mur biais.)

Fig. 8 Taf. 1. § 16. Unter einer schiefen Mauer (Fig. 8) versteht man diejenige, welche zwischen zwei vertikalen, nicht parallelen Ebenen liegt. Die Versatzflächen einer solchen Mauer haben nach ihrer ganzen Ausdehnung eine horizontale Lage. Da jedoch die beiden vertikalen Flächen a′m′ und c′u′ der Mauer nicht parallel sind, so werden die vertikalen Schnitte, welche auf einer dieser Flächen senkrecht stehen, mit der andern Fläche spitze Winkel bilden. Um dieß zu vermeiden, führt man die vertikalen Schnittflächen (joints) a′b′, m′n′, welche auf der Mauerfläche a′m′ senkrecht stehen, nur bis zu einer gewissen Entfernung von der entgegengesetzten Mauerfläche c′u′, und richtet hierauf die Schnitte b′c′, n′u′ senkrecht gegen diese Fläche.

Fig. 9 Taf. 1. § 17. Bei der Ausführung eines Steines (Fig. 8 und 9) gibt man der Versatzfläche desselben zuerst die Gestalt des Rechteckes p′q′v′m′ (Fig. 8), welches die horizontale Projektion des Steines darstellt. Auf dieser Fläche senkrecht schneidet man die Fläche p′m′m,p an, so daß p′p gleich ist der Höhe a,s. (Fig. 8.) Ebenso schneidet man die Fläche p,q,v,m senkrecht auf die Fläche p′m′m,p, so daß sie parallel mit der Lagerfläche wird. Hierauf konstruirt man die Leere a′b′c′u′n′m′ (Fig. 8), reißt nach dieser sowohl auf der Lagerfläche p′q′v′m′, als auf der entgegengesetzten Fläche p,q,v,m die entsprechenden Umrisse auf, und schlägt die über dieselben heraustretenden Theile des Steines ab. Ebenso verfährt man bei der Darstellung der übrigen Steine.

Die schiefe Mauer mit Böschung. (Mur biais et en talus.)

Fig. 10 Taf. 1. § 18. Die zehnte Figur stellt die Kombination der beiden vorhergehenden Fälle dar. Die vertikale Projektionsebene steht hier auf der Böschungsfläche der Mauer senkrecht, so daß diese in der Projektion durch die Linie d,y dargestellt wird. Die vertikale Seitenfläche der Mauer dagegen, hat zur Projektion das Rechteck p,q,o,x.

§ 19. Bei der Ausführung des Steines t,u,e,d,c,b,z,a
Fig. 11 Taf. 1. (Fig. 10 und 11) verfährt man zuerst so, als ob er zu einer

schiefen Mauer gehörte, indem man die Leere q'z'e'k'f'a' auf das Versatzlager und die demselben gegenüberliegende Fläche bringt, und die über die Umrisse heraustretenden Theile abarbeitet. Alsdann bildet man die Form z,b,c,d,e,u,s, und reißt sie auf den beiden Flächen s,u,n,f,r,p auf. Alles Uebrige bietet dann keine weiteren Schwierigkeiten dar.

Ansteigende Mauern oder Rampen. (Mur de rampe ou rampant.)

§ 20. Schon der Name dieser Mauern zeigt an, zu welchen Zwecken sie vorzüglich bestimmt sind. Dieselben unterscheiden sich von den gewöhnlichen Böschungsmauern nur durch eine größere Neigung. Fig. 12 Taf. 1.

§ 21. Die Figur 13 gibt die perspektivische Ansicht eines Steines, und zeigt deutlich genug, wie derselbe dargestellt werden müßte. Fig. 13 Taf. 1.

Von den Eckmauern. (Coins ou encognures.)

§ 22. Wenn sich zwei Mauern begegnen und ein Eck bilden, so sind die Steine nach der in Fig. 14 und 15 dargestellten Weise anzuordnen, d. h. sie müssen ihrer Länge nach abwechselnd in die eine und die andere der beiden Mauern eingreifen. Die vierzehnte Figur zeigt die vertikale und die fünfzehnte Figur die horizontale Projektion eines solches Eckes. Würden sich die Mauern unter einem spitzen Winkel begegnen, so ist dieser nach der durch die horizontale Projektion (Fig. 16) angegebenen Weise abzuschneiden. Die Anordnung der Steine für diesen Fall zeigt die Figur 17. Fig. 14 u. 15 Taf. 1. Fig. 16 Taf. 1. Fig. 17 Taf. 1.

Für den Fall, wo sich zwei Böschungsmauern unter einem spitzen Winkel durchschneiden, ist die Schnittfläche, durch welche die beiden Böschungsflächen vereinigt werden, ebenfalls eine Böschungsfläche. (Fig. 18.) Fig. 18 Taf. 1.

Wenn das Vorhergegangene gut begriffen ist, so bietet die Ausführung solcher Mauern keine weitere Schwierigkeiten dar.

Aus diesem Grunde übergehe ich auch die Kombination zweier Mauern mit verschiedenen Böschungen, zumal da die späteren

Beispiele des Steinverbandes den Leser mit solchen Schwierigkeiten hinlänglich vertraut machen werden, und begnüge mich mit der bloßen Erwähnung dieses Falles, damit der Leser die Auflösung selbst versuche.

Zweites Kapitel.

Konstruktion eines flachen Sturzes. (Plate-Bandes.)

§ 23. Die obere Bedeckung einer Thür- oder Fensteröffnung, welche in einer Ebene liegt und eine horizontale Lage hat, wird ein flacher Sturz (plate-bande) genannt.

§ 24. Die beiden vertikalen Mauern, auf welchen der flache Sturz ruht, nennt man die Pfeiler (pieds droits ou jambages). Ist die Breite der Oeffnung unbedeutend, so kann man den flachen Sturz aus einem einzigen Steine bilden, und denselben mit seinen beiden Enden auf den oberen Theilen der Pfeiler auflegen. Dadurch wirkt der Druck, so wie es die Gesetze des Gleichgewichtes verlangen (Statik), in der Längenrichtung der beiden Pfeiler; da jedoch der flache Sturz nur an seinen Enden unterstützt wird, und die Mitte derselben bei einer starken Belastung der Gefahr des Zerbrechens ausgesetzt ist, so muß man die vertikale Dicke desselben möglichst verstärken, und den über der Oeffnung der Thüre befindlichen Theil nur wenig oder gar nicht belasten, sondern die Belastung auf die über den Widerlagern befindlichen Enden des Sturzes hinzuleiten suchen.

Fig. 19 Taf. 2. § 25. Ist die Breite des flachen Sturzes zu bedeutend, als daß man ihn aus einem Steine verfertigen könnte, so konstruirt man über derselben das gleichseitige Dreieck a,b,c, theilt die horizontale Seite a,b in eine ungerade Anzahl von gleichen Theilen, und zieht von dem Punkte c aus, durch die Theilungspunkte gerade Linien, wie c,d. Diese Geraden sind die vertikalen Projektionen der Schnitte, welche die einzelnen Steine des flachen Sturzes erhalten müssen.

Diese Anordnung verhindert nicht, den Lagerungsschichten der Steine eine solche Lage zu geben, daß die aus ihrem und dem Gewichte der von ihnen getragenen Last hervorgehende Pressung auf den Richtungen derselben senkrecht stehe, während sie, wenn der Sturz nur aus einem Steine dargestellt wird, in ihrer horizontalen Lage über den Widerlagern in der Mitte keine Unterstützung finden.

§ 26. Wenn der flache Sturz auf die oben angezeigte Weise aus mehreren Steinen zusammengesetzt ist, so gibt man den verschiedenen Theilen desselben folgende Benennungen: die Steine, welche denselben bilden, heißen Gewölbsteine (claveaux); der Gewölbstein, welcher der Mitte der Oeffnung entspricht, führt den Namen: Schlußstein (clé). Die geneigten Flächen, mit welchen sich die einzelnen Gewölbsteine berühren, heißen Schnittflächen (coupes), und ihre sichtbaren in den äußeren Flächen liegenden Grenzen: Gewölbfugen. Die untere, sichtbare Fläche des flachen Sturzes heißt die Leibung (l'intrados) desselben; die Stirnfläche (tête du claveau) eines Gewölbsteines ist das Polygon (a,e,d,h,u,s), welches einen Theil der sichtbaren Fläche der Mauer bildet, durch welche die Thüre geht; diejenigen Steine endlich, welche die höchsten Theile der Widerlager bilden, und auf denen der flache Sturz aufruht, heißen die Kämpfer (sommiers).

§ 27. In dem oben behandelten Systeme sucht ein jeder Stein, vermöge seiner keilförmigen Gestalt, die beiden Steine, zwischen welchen er sich befindet, von einander zu entfernen. Da diese Wirkung um so größer wird, je mehr sich die Richtungen der Gewölbfugen der vertikalen Richtung nähern, so geht daraus hervor, daß der flache Sturz in der Mitte am schwächsten ist, und daß, so wie sich der Schlußstein einsenkt, die zur Rechten und Linken befindlichen Theile, welche keine Unterstützung mehr finden, eine Drehung um die Punkte a und b erleiden werden, wobei sie auf die Widerlager einen Seitendruck ausüben, welcher dieselben umzustürzen sucht.

§ 28. Um dieser schädlichen Wirkung so viel wie möglich zu begegnen, gibt man den Schnittflächen des Schlußsteines eine hinreichende Länge, indem man, wenn es nöthig ist, die

Dicke des flachen Sturzes an diesem Punkte entsprechend vergrößert; über dem Sturze selbst aber bringt man Bögen aus Bruch- oder Backsteinen an, welche den Druck der oberen Theile des Gebäudes zu tragen, und von den schwächeren, über der Thüröffnung sich befindlichen Theilen des Sturzes abzuwenden haben; endlich verbindet man die Steine des flachen Sturzes durch eiserne Haken und Bänder, so daß sie als eine Masse zu betrachten sind. Da jedoch die Wahl dieser Mittel von den Gesetzen der Mechanik abhängt, und in der Anwendung der Statik auf das Gleichgewicht der Gewölbe behandelt wird, so beschäftigen wir uns hier, wie bereits oben gesagt wurde, nur mit der graphischen Darstellung des Systemes, und mit der Konstruktion derjenigen Linien, welche zur Bestimmung der Schnittflächen nothwendig sind.

Fig. 19 Taf. 2. § 29. Um das Herabgleiten des ersten Steines a,e,d,h,u auf dem Kämpfer zu verhindern, gibt man demselben einen gebrochenen Schnitt a,s,u, welcher wegen seiner Gestalt den Namen Haken (crossette) erhalten hat. Die Steine selbst heißen Hakensteine (pierres en état de charge). Man sieht leicht ein, daß der Theil d,h,u,s durch den Druck der höher liegenden Steine auf dem Kämpfer erhalten wird. Ebenso würde die Festigkeit des flachen Sturzes dadurch erhöht werden, daß man den zweiten Stein mit einem Haken in den ersten eingreifen ließe. Man dürfte jedoch diese Haken nicht zu lange machen, weil sie der Ungleichheit des Druckes mit geringerem Erfolge widerstehen könnten.

§ 30. Um die spitzen Winkel zu vermeiden, welche die Schnittflächen d,e ꝛc. mit den Leibungsflächen bilden, kann man den ersteren von den Theilungspunkten aus eine vertikale Richtung geben wie v,z, und dieselbe entweder bis zu einer horizontalen Linie s,i (Fig. 19), oder bis zu einem aus dem
Fig. 20 Taf. 2. Punkte c beschriebenen Kreisbogen p,q (Fig. 20) verlängern. Von hier aus gibt man dem Schnitte eine Richtung, welche verlängert durch den Punkt c geht.

Fig. 22 Taf. 2. Die Figur 22 gibt die perspektivische Darstellung des ersten Steines zur Rechten des flachen Sturzes. (Fig. 19.)

§ 31. Dem Herabgleiten der Steine kann man auch durch

den Schnitt selbst begegnen, ohne zu fremden Mitteln seine Zuflucht nehmen zu müssen. Man darf nämlich die Schnittflächen nur so brechen, wie es die Linie r,y,n,m anzeigt, so daß ein jeder Stein mittelst eines kleinen Hakens m,n,y auf seinem angrenzenden Steine aufliegt. Den Schnittflächen des Schlußsteines gibt man jedoch in der Regel keine gebrochene Gestalt, da die Erfahrung gezeigt hat, daß derselbe bei dem Bruche eines flachen Sturzes nicht sowohl zwischen den anliegenden Steinen herabgleitet, als vielmehr diese mit sich zieht, und um die Winkel der Widerlager dreht.

Die Figur 23 zeigt die Gestalt des ersten Steines zur Rechten des flachen Sturzes. (Fig. 20.) Fig. 23 Taf. 2.

Um den unangenehmen Eindruck, den die gebrochene Fuge m,n,y,r in der sichtbaren Fläche der Mauer auf das Auge macht, zu vermeiden, bringt man den Hakenschnitt nur in einem Theile der Steindicke an, wie man aus den Fig. 24, 25 u. 26 ersieht, wo Fig. 25 den Spund anzeigt, mit welchem der entsprechende Stein in den Haken des folgenden Steines Fig. 26 eingesetzt wird. Fig. 24, 25, 26 Taf. 2.

Für die kleine gerade Linie b,c kann man auch einen Bogen setzen, welcher aus dem Punkte a und mit einem Radius gleich a,b beschrieben wird.

Die praktische Ausführung des Schnittes dieser Steine bietet keine Schwierigkeiten dar. Um z. B. den Stein u,v,x,a (Fig. 21 und 24) darzustellen, konstruirt man die Lehre seiner Stirnfläche a,c,b,e,u,v,z,x, und legt dieselbe auf den parallelen und entgegengesetzten Flächen eines parallelopippedisch behauenen Steines an, dessen Länge gleich der Dicke der Mauer ist, durch welche die Thüre geht; die hervorstehenden Theile des Steines schlägt man hierauf ab, und bestimmt zuletzt die Grenzen des Hakens a,c,b.

Die hohlen Theile (Spunde) der anliegenden Steine bieten eben so wenig bemerkenswerthe Schwierigkeiten dar.

§ 32. In der Figur 20 befindet sich an dem Rande der Thüre eine kleine rechtwinkliche Vertiefung, welche den Namen Falz (feuillure) führt. Bei der Darstellung eines Steines nimmt man im Anfange keine Rücksicht auf denselben; erst dann

wenn alle Hauptschnitte ausgeführt sind, zieht man auf jeder Seite desselben die Linien a,c und c,o, wodurch die Begrenzung des Falzes bestimmt wird.

Flache Gewölbe. (Voutes plates.)

§ 33. Denkt man sich einen flachen Sturz nach allen Schnittflächen der Gewölbsteine verlängert, so erhält man die Vorstellung eines flachen Gewölbes. Die beiden Widerlager werden in diesem Falle zu zwei parallelen Mauern; die Gewölbsteine, welche dieselbe Form wie die eines flachen Sturzes erhalten, werden mit ihren Enden so aneinandergesetzt, daß wo möglich eine jede Fuge der einen Reihe der Mitte eines Steines der anliegenden Reihe entspricht.

Fig. 27 Taf. 2. Die Figur 27 gibt die Ansicht einer viereckigen Decke, welche gebildet wird, wenn sich zwei mit flachen Gewölben bedeckte Gänge A und B durchschneiden.

Fig. 28 Taf. 2. Die Figur 28 gibt eine perspektivische Darstellung des Kämpfers, welcher durch den Durchschnitt der beiden Mauern gebildet wird; Fig. 29 Taf. 2. die Fig. 29 eine Darstellung des anliegenden Gewölbsteines, Fig. 30 Taf. 2. und die Fig. 30 diejenige eines Schlußsteines. Um den in Fig. 29 dargestellten Stein zu schneiden, bildet man vor Allem einen parallelopippedischen Block, der zur Grundfläche das Rechteck a,b,c,d (Fig. 27) und zur Höhe die Dicke des Gewölbes hat. Hierauf legt man auf den beiden vertikalen Flächen b,c,f und c,d,f (Fig. 29) eine Lehre an, welche die Gestalt der Stirnfläche (Fig. 19) besitzt, reißt diese auf den ebengenannten Flächen auf, und arbeitet die hervorspringenden Theile senkrecht auf denselben ab, wobei man sich in Acht zu nehmen hat, daß die inneren Schnitte des Steines nicht zu weit verlängert werden, indem sich dieselben in der durch die Diagonale a,c gelegten vertikalen Ebene a,c,f begegnen. Den Schnittflächen der Gewölbsteine wurde in diesem Beispiele die Form v,z,k (Fig. 19) gegeben. Uebrigens möchte es kaum nöthig seyn, zu bemerken, daß das Gewölbe an Festigkeit gewinnt, wenn man den Schnittflächen der Gewölbsteine die Form m,n,y,r,u (Fig. 20) gibt.

Fig. 31 Taf. 2. § 34. Die Fig. 31 ist die horizontale Projektion eines

flachen Gewölbes, welches einen viereckigen Saal bedeckt, und die Fig. 32 die perspektivische Darstellung eines im Eck befindlichen Gewölbsteines, dessen horizontale Projektion m,n,p,q ist. Fig. 32 Taf. 2. Zur Darstellung dieses Steines muß man die Lehre seiner Stirnfläche auf den beiden vertikalen Flächen m,n und m,p anlegen und den Stein nach den Umrissen derselben senkrecht auf seine Flächen behauen. Es ist bekannt, daß solche Gewölbe keinen Seitendruck ausüben. Dem wäre übrigens nicht so, wenn man den Schnittflächen der Gewölbsteine die Gestalt v,z,x (Fig. 21) geben würde; bringt man jedoch an einer jeden Steinreihe einen Haken von der Gestalt m,n,y,r (Fig. 20) an, so kann man sich das ganze Gewölbe aus mehreren rechtwinklichen und konzentrischen Rahmen zusammengesetzt denken, von welchen sich ein jeder mit seinem Haken in die entsprechende rechtwinkliche Vertiefung des vorhergehenden Rahmens einlegt. Diese Vorsicht würde übrigens noch nicht ausreichen, indem auch die Gewölbsteine derselben Reihe so geschnitten werden müssen, daß sie sich gegenseitig in der Höhe halten. Dieses erreicht man dadurch, daß man an der Stirnfläche eines jeden Gewölbsteines einen Haken a,b (Fig. 31) anbringt, mit welchem er auf dem vorhergehenden Gewölbsteine aufsitzt, während dieser wieder auf dem im Eck liegenden Gewölbsteine ruht.

Durch diese Anordnung, nach welcher ein jeder Gewölbstein sowohl in dem vorhergehenden derselben Reihe, als in dem anliegenden Gewölbsteine der äußeren Reihe eingehakt ist, wird dem Herabgleiten derselben auf den schiefen Schnittflächen und daher auch dem Drucke auf den Schlußstein vorgebeugt, so daß man nicht nur den Schlußstein, sondern selbst mehrere konzentrische Reihen von Gewölbsteinen herausnehmen kann, wenn man den Saal durch das von oben einfallende Licht erhellen will.

§ 35. Wegen des festen Verbandes einer solchen Zurüstung gibt man ihr zur Bedeckung des bei der Durchschneidung zweier Gänge gebildeten offenen Raumes häufig vor der in Fig. 27 dargestellten Anordnung den Vorzug. In diesem Falle legt man über die senkrechten Pfeiler a,b,c,d (Fig. 33) vier flache Sturze, Fig. 33 Taf. 2 welche die vier Mauern des vorhergehenden Falles ersetzen. —

Zweiter Abschnitt.

Erstes Kapitel.

Von den durch Zylinderflächen begrenzten Steinsystemen.

Runde Mauern.

§ 36. Wenn man aus einem Punkte c als Mittelpunkt mit den Radien c,a und c,b zwei konzentrische Kreise beschreibt, so kann der zwischen beiden Kreisen befindliche Raum a,b,d,e als die horizontale Projektion einer runden Mauer mit kreis-
Fig. 34 Taf. 3. förmiger Basis betrachtet werden. (Fig. 34 Taf. 3.)

Fig. 35 Taf. 3. Zur Darstellung eines Steines (Fig. 35) richtet man sich einen rechtwinklichen Block zu, dessen Dicke derjenigen des zu schneidenden Steines gleich ist, legt eine Lehre von der Gestalt a,b,u,v (Fig. 34) auf den beiden Flächen, welche die Versatzflächen bilden sollen, auf, und meißelt die hervorspringenden Theile so ab, daß das Lineal auf den nach der Lehre aufgerissenen Begrenzungen aufliegt. In Betreff des zylindrischen Theiles a,v,a'v' des Steines muß bemerkt werden, daß das Lineal nicht nach allen Richtungen des Steines anliegen kann; sondern nur nach derjenigen, welche mit der Generatrix der Zylinderfläche parallel ist. (Räumliche Konstruktionslehre.) Zu diesem Zwecke theilt man die beiden Bögen a,v, a'v', welche hier die Leitlinien der Zylinderfläche bilden, in dieselbe Anzahl gleicher Theile; die entsprechenden Punkte dieser beiden Bögen werden dann die verschiedenen Lagen des Lineals bestimmen. — Auf gleiche Weise schneidet man die innere Zylinderfläche b,u.

Fig. 36 Taf. 3. § 37. Die Fig. 36 gibt die Hauptansichten zweier Mauern,

welche, durch eine zylindrische Mauer vereinigt werden. Die Darstellung der Steine ist dieselbe, wie im vorhergehenden Beispiele. Die Außenfläche des Steines a,b,c,c liegt zum Theil in einer Ebene, zum Theil in einer Zylinderfläche.

§ 38. Die Fig. 37 zeigt eine Mauer mit elliptischer Basis. Fig. 37 Taf. 5. Will man, daß die innere elliptische Begrenzung der Mauer der äußeren ähnlich sey, so verbindet man die Endpunkte der Axen der äußeren Ellipse durch eine gerade Linie a,b, zieht durch den Endpunkt der kleinen Axe der inneren Ellipse, parallel mit a,b die Linie c,d, und konstruirt über den beiden Linien c,o und o,d die innere Ellipse selbst. In diesem Falle erhält die Mauer gegen den Punkt a hin eine größere Dicke, als gegen b, was zuweilen um dem Drucke gewisser Gewölbe Widerstand zu leisten nothwendig ist. Gibt man den vertikalen Schnittflächen v,u eine solche Lage, daß sie auf der äußeren Mauerfläche senkrecht stehen, so werden diese mit der inneren Mauerfläche ungleiche Winkel bilden, und umgekehrt. Zur Vermeidung dieses Uebelstandes muß man den Steinen gebrochene Schnittflächen m,n,s geben, so daß m,n auf der äußeren und n,s auf der inneren Mauerfläche senkrecht steht. Auch kann man die Schnittflächen auf eine mittlere Ellipse p,q senkrecht stellen, wo alsdann die von den Mauer- und Schnittflächen gebildeten Winkel von rechten Winkeln weniger verschieden sind.

Endlich kann die innere Mauerfläche durch eine mit der äußeren Ellipse parallele Kurve z,x,y begrenzt werden. Um dieselbe zu konstruiren hat man zu der äußeren Ellipse eine gewisse Anzahl von Normalen zu ziehen, auf eine jede derselben eine Größe b,z zu tragen, welche der Dicke der Mauer gleich ist, und die erhaltenen Punkte durch eine stetige krumme Linie zu verbinden.

Zylindergewölbe und gerade zylindrisch überwölbte Thüren.
(Berceaux et portes droites.)

Zylindergewölbe.

§ 39. Wir haben so eben gesehen, daß die äußeren und die inneren Flächen runder Mauern als Zylinderflächen betrachtet

werden müssen. Setzen wir nun den Fall, die erwähnten
Fig. 38 Taf. 3. Flächen hätten eine horizontale Lage, wie in Fig. 38, so erhält man ein Zylindergewölbe.

Diese Art von Gewölben findet ihre Anwendung, wenn man den von zwei parallelen Mauern A und B eingeschlossenen Raum überdecken will. In der vertikalen Projektion sind die Mauern selbst nicht angegeben, sondern nur derjenige Theil des Gewölbes, welcher über der mit dem Namen Kämpferebene (plan de naissance) bezeichneten Fläche liegt. Diejenige Zylinderfläche, welche die innere Gewölbfläche bildet, heißt auch die Leibung (l'intrados, douelle), und die Kurve, welche die Form der Leibung bestimmt, der Lehrbogen (cintre) des Gewölbes. Die Benennungen der übrigen Theile sind schon früher (§ 26) vorgekommen.

Bei der Konstruktion der horizontalen Projektion dachte man sich innerhalb des Gewölbes, um den Fugenschnitt der inneren Leibung besser darstellen zu können.

§ 40. Wir haben in § 3 den Satz aufgestellt, daß die Lagerungsschichten eines Steines auf der Richtung, nach welcher der größte Druck wirkt, senkrecht stehen sollen; bei den Mauern wurde daher den Lagerungsschichten eine horizontale Lage gegeben, weil vermöge der Schwerkraft der Druck der höherliegenden Steine nach einer vertikalen Richtung wirkt; bei den flachen Sturzen und Zylindergewölben hingegen, wo die Steine gleich Keilen wirken, welche die anliegenden Steine von einander zu entfernen suchen, kann die Schwerkraft nach zwei auf den Berührungsflächen der Steine senkrechten Richtungen zerlegt werden, und es müssen daher die Lagerungsschichten mit diesen Flächen so nahe wie möglich parallel seyn. Dieß wird erreicht, wenn man dieselben parallel mit einer Ebene legt, welche den Gewölbstein in zwei gleiche Theile theilt; indessen befolgt man diese Regel aus ökonomischen Gründen nicht strenge, sondern man gibt den Lagerungsschichten gewöhnlich eine mit einer der Seitenflächen parallele Lage, wodurch zuweilen noch Steine angewendet werden können, deren Ecken im anderen Falle abgeschlagen werden müßten.

§ 41. In der Fig. 38 ist die innere und die äußere Gewölbfläche durch konzentrische Kreise begrenzt; diese Anordnung

würde jedoch mit den Gesetzen des Gleichgewichtes nicht übereinstimmen, und könnte nur bei einem Gewölbe von geringer Breite angewendet werden.

Theorie (Statik) und Erfahrung haben gezeigt, daß für den Fall, wo die Direktrix der inneren Gewölbfläche ein Halbkreis ist, die äußere Gewölbfläche die Form der Kurve b,a,c (Fig. 39) haben müßte, wenn sich alle Steine, welche das Gewölbe zusammensetzen, durch ihr eigenes Gewicht und ohne fremde Mittel im Gleichgewichte erhalten sollen. Die Arme dieser Kurve nähern sich der Kämpferebene (plan de naissance), ohne dieselbe zu berühren, so daß die beiden unteren Gewölbsteine eine unendliche Länge haben müßten. Man begreift übrigens leicht, daß es nicht möglich und selbst nicht einmal nothwendig sey, diesen Bedingungen Genüge zu leisten, da die Adhärenz der Steine nicht nur durch Mörtel, sondern auch durch eine eigene Konstruktion der Schnittflächen, z. B. durch Haken, so wie sie bei den flachen Sturzen in Anwendung kamen, so wie endlich durch Klammern oder eiserne Bänder beliebig vergrößert werden kann; um jedoch den Gewölben ein leichteres Ansehen zu geben, und zugleich der durch die Theorie bestimmten Form, wo möglich zu entsprechen, wählt man sehr häufig die in Fig. 40 dargestellte Anordnung. Fig. 39 Taf. 3. Fig. 40 Taf. 3.

Die zur Rechten und zur Linken befindlichen Steine a und b bilden hier zwei Massen, welche durch ihre Trägheit, die unendliche Länge, die man den beiden untersten Gewölbsteinen geben müßte, hinreichend ersetzen. Die Kurve, durch welche die äußere Gewölbfläche begrenzt wird, ist ein Kreisbogen, dessen Mittelpunkt in o liegt, so daß o,c ohngefähr gleich dem dritten Theil des Radius des inneren Kreisbogens ist.

Gerade zylindrisch überwölbte Thüren. (Portes droites.)

§ 42. Wenn ein zylindrisches Gewölbe nur eine geringe Länge hat, so gibt man ihm den Namen Portal, Thor oder Thüre.

§ 43. Da die Thüren sehr häufig in den Façaden eines Gebäudes angebracht sind, so muß man die Schnittflächen der Gewölbsteine mit den Stoß- und Lagerfugen der Mauersteine so

zu verbinden suchen, daß diese Verbindung zur Zierde des Gebäudes beiträgt. (Fig. 41.) Fig. 41 Taf. 3.

§ 44. An der inneren Begrenzung der Thüre bringt man gewöhnlich eine kleine, rechtwinkliche Vertiefung oder einen Falz an, so wie er am Sturze (Fig. 20) ebenfalls vorgekommen ist, um die beiden Thürflügel in dieselbe einlegen zu können.

§ 45. Ist der Falz auf beiden Seiten des Thürportales angebracht, so bildet der hervorspringende Theil der inneren Gewölbfläche einen Zwiebogen (arc doubleau). Solche Zwiebögen bringt man zuweilen in Gewölben oder in kreisförmigen Gallerien, in bestimmten Abständen von einander an, gibt ihnen einen hinreichenden Vorsprung und unterstützt sie durch Säulen, so daß sie sowohl zur Eleganz als zur Festigkeit des Gewölbes beitragen.

Zur Darstellung eines zu einem graden Portale gehörigen Steines (Fig. 42) richtet man einen rechtwinklichen Block zu, Fig. 42 Taf. 3. dessen Länge gleich der Dicke der Mauer ist, und dessen Basis eine solche Größe hat, daß die Lehre der Stirnfläche a,b,c,d,e,i des Steines in derselben enthalten ist. Nach dieser bestimmt man auf den entsprechenden Flächen des Blockes die Umrisse der Stirnfläche, und arbeitet die darüber hervorspringenden Theile des Steines ab.

Zu bemerken ist, daß zwischen den Punkten e und i mehrere Theilungspunkte bestimmt werden müssen, welche die dem Richtscheite beim Schneiden des Steines zukommenden Lagen bestimmen werden, so wie dieß bei der zylindrischen Fläche des, einer runden Mauer zugehörigen Steines nöthig war.

Zur Darstellung des Falzes bestimmt man auf der Stirnfläche der Steine die Lage der Punkte m und n, und zieht durch dieselben mittelst einer Lehre den Bogen m,n. Man kann denselben auch noch dadurch bestimmen, daß man den einen Fuß des Zirkels längst des Bogens e'i' beweget, während der andere Fuß den Bogen m,n beschreibt. Auf gleiche Weise wird der Bogen e,i bestimmt. Zum Aufreißen des letzteren kann man sich auch eines biegsamen Lineales bedienen, indem man es nach der Form der Leibung krümmt. Endlich bearbeitet man den Stein nach m,n senkrecht auf die Stirnfläche, und nach e,i

senkrecht auf die Leibungsfläche; dadurch entstehen zwei kleinere Flächen, von denen die erstere zylindrisch, die zweite eine Ebene ist, und die sich nach der einspringenden Linie v,z begegnen.

§ 46. Ich beschließe dieses Kapitel mit der Anführung mehrerer Beispiele über die Konstruktion gerader Thürportale, welche nach verschiedenen Lehrbögen gewölbt sind.

§ 47. Die Thüre ist nach einem **vollen oder römischen Bogen** (plein cintre) gewölbt, wenn die Wölbungslinie ein Halbkreis ist.

§ 48. Unter dem **gedrückten Gewölbe** (cintre surbaissé) versteht man dasjenige, dessen Höhe geringer ist, als die halbe Breite desselben. Fig. 43 Taf. 5.

§ 49. Unter dem **überhöhten Gewölbe** (cintre surhaussé) versteht man dasjenige, dessen Höhe größer ist, als die halbe Breite. Fig. 44 Taf. 5.

§ 50. Die Fig. 45 gibt die Darstellung eines **steigenden** Gewölbes (porte rampante). Die Gewölblinie a,b,c ist eine Kurve, die aus zwei Kreisbögen besteht, welche sich mit den senkrechten Pfeilern in den Tangentialpunkten a und c vereinigen. Die vertikale Linie o,b muß halb so groß seyn, als die Linie c,a. Der Mittelpunkt m des Bogens b,c ist durch den Durchschnitt der horizontalen Linie c,m mit der in der Mitte der Senne c,b errichteten Senkrechten o,m bestimmt. Der Mittelpunkt m' des Bogens a,b ergibt sich aus dem Durchschnitte der horizontalen Linie a,m', und der zu dem Punkte b gezogenen Linie b,m. Beide Bögen vereinigen sich im Punkte b, was nicht Statt finden würde, wenn o,b nicht $= \frac{1}{2}$ a,c wäre. Fig. 45 Taf. 5.

Die Fugen der zum Bogen a,b gehörigen Steine vereinigen sich im Punkte m', während die Fugen der zum Bogen b,c gehörigen Steine im Punkte m zusammentreffen.

§ 51. Man kann die steigenden Gewölblinien auch aus mehreren Kreisbögen zusammensetzen.

§ 52. Endlich kann man der Gewölblinie die Form einer halben Ellipse geben, die durch ihre konjungirte Durchmesser bestimmt ist. In diesem Falle müssen die Fugen der Schnittflächen in den Normallinien der Ellipse liegen.

Anmerkung des Uebersetzers. Da der Verfasser bei der allgemeinen Aufführung der verschiedenen Arten der Gewölblinien

die in der Praxis angewendeten Konstruktionen derselben zu wenig berührt, als daß dem Anfänger hiermit gedient seyn könnte, so nehmen wir um so weniger Anstand, den im Texte angeführten Beispielen noch einige andere hinzuzufügen, als die in den folgenden Abschnitten behandelten Steinsysteme vielfache Gelegenheit zur Anwenduug dieser Konstruktionen darbieten werden.

Die schönste Wölbungslinie für gedrückte Bögen ist die Ellipse; nichts destoweniger wird sie nur selten angewendet, weil die Schnittflächen der Steine, welche das Gewölbe bilden, in den Normalebenen der elliptischen Cylinderfläche liegen müssen, und daher zur Bestimmung der Lage einer jeden dieser Schnittflächen eine besondere Konstruktion nothwendig ist.

Die verschiedenen Konstruktionsarten der Ellipse, so wie der Tangenten und Normalen zu derselben, übergehen wir, weil sie in jedem Lehrbuche zu finden sind. Um den Schwierigkeiten auszuweichen, welche die Anwendung der Ellipse darbietet, hat man dieselbe durch Wölbungslinien zu ersetzen gesucht, welche aus drei oder mehreren Kreisbögen so zusammengesetzt sind, daß je zwei aufeinanderfolgende Kreisbögen in ihrem Vereinigungspunkte eine gemeinschaftliche Tangente haben. Die gebräuchlichen Konstruktionen dieser Wölbungslinien, welche auch Korbbögen genannt werden, sind folgende:

Fig. 46. 1) Die halbe Spannweite (Fig. 46), sey a,c; die lichte Höhe c,d. Man konstruire das Rechteck a,c,d,e, ziehe die Diagonale a,d und halbire die Winkel d,a,e und a,d,e, durch die Linien a,g und d,f. Aus dem Punkte h, wo sich beide Linien schneiden, fälle man nun eine senkrechte Linie auf die Diagonale a,d und verlängere sie so weit, bis sie die Linie a,c in dem Punkte k und die Verlängerung von d,c in einem Punkte i durchschneidet. Der Punkt k bildet dann den Mittelpunkt für den Bogen a,h, der Punkt i den Mittelpunkt für den Bogen h,d,h'. Der Mittelpunkt k' für den Bogen h'a' ergibt sich dadurch, daß man die Linie c,k von c nach k' trägt. Um sich von der Richtigkeit der Konstruktion zu überzeugen muß die Gleichheit der Seiten a,k und k,h, h,i und i,d, oder auch die Gleichheit der Winkel k,a,h und k,h,a, i,h,d und i,d,h bewiesen werden. Bezeichnen wir zu diesem Zwecke den Winkel a,d,c mit α und

a,d,e mit β, so ist: W. h,a,d = $1/_2\,\alpha$ und W. d,a,c = β; also W. h,a,k = $1/_2\,\alpha + \beta$. Ferner ist a,h,k = $90^0 - 1/_2\,\alpha$, oder wenn man für 90^0 $\alpha + \beta$ setzt, gleich $1/_2\,\alpha + \beta$, und folglich W. a,h,k = h,a,k. Ebenso ist i,d,h = $\alpha + 1/_2\,\beta$ und i,h,d = $90^0 - 1/_2\,\beta = \alpha + 1/_2\,\beta$. Daher auch W. i,d,h = W. i,h,d. Die Dreiecke a,k,h und h,i,d sind daher gleichschenklich und deßwegen auch h,k = a,k und h,i = d,i.

2) Soll der Bogen eine größere Oeffnung erhalten, so darf man den Winkel e,d,h (Fig. 47) nur kleiner als die Hälfte des Winkels e,d,a nehmen, die Linie e,a von e nach a′ tragen, und an die Linie a,a′ eine Linie a,h′ legen, welche mit ihr einen Winkel = e,d,h bildet. Errichtet man endlich in der Mitte q der Linie a,h die senkrechte q,r, so gibt der Durchschnittspunkt derselben mit a,c den Mittelpunkt für den Bogen a,h und der Durchschnittspunkt der Linie h,k mit c,d den Mittelpunkt für den Bogen h,d,h′. Fig. 47.

Daß a,k = h,k seyn müsse, ist für sich klar, und es ist daher nur noch zu zeigen, daß auch h,i = i,d sey. Wird der Winkel a,d,c mit α und a,d,e mit β bezeichnet, und setzt man, der Winkel h,d,e sey der mte Theil von β, so ist $<$ i,d,h $= \alpha + \beta - \frac{\beta}{m} = \alpha + \frac{\beta\,(m-1)}{m}$ und $<$ d,h,i = d,h,a — a,h,k = f,h,g — a,h,k = 3 R — e,g,h — e,f,h — a,h,k. Nun ist aber 3 R = $3\,\alpha + 3\,\beta$; e,g,h = g,a′a + g,a,a′ = $1/_2\,R + \frac{\beta}{m}$; e,f,h = $R - \frac{\beta}{m}$; a,h,k = h,a,k = $1/_2\,R + \frac{\beta}{m}$, also $<$ d,h,i = $3\,\alpha + 3\,\beta - 1/_2 R - \frac{\beta}{m} - R + \frac{\beta}{m} - 1/_2\,R$, oder wenn man für R, $\alpha + \beta$ setzt und reduzirt d,h,i = $\alpha + \frac{\beta\,(m+1)}{m} =\ <$ i,d,h.

Das Dreieck i,d,h ist daher gleichschenklich und folglich i,h = i,d.

3) Man bestimme auf der halben Spannweite a,c (Fig. 48) Fig. 48.

den Radius a,h des unteren Bogens a,h nach Belieben, doch so, daß derselbe kleiner ist, als die Höhe c,d. Je größer dieser Radius ist, um so größer wird auch die Oeffnung des Gewölbes. Nun trage man denselben von d nach e, ziehe die Linie k,e und errichte in der Mitte derselben die Senkrechte f,i.

Der Punkt i, in welchem diese die verlängerte Linie d,c durchschneidet, ist alsdann der Mittelpunkt des mittleren Bogens der zu beschreibenden Korblinie. Es ist nämlich i nach Konstruktion der Mittelpunkt des Kreises, welcher durch die Punkte k und e geht. Beschreibt man daher aus k mit dem Radius k,a einen Kreis, so muß dieser von dem mit dem Radius i,e + e,d beschriebenen Kreise in dem Punkte h berührt werden, weil die Entfernung der Mittelpunkte beider Kreise gleich der Differenz ihrer Radien ist.

4) Will man bei einer gegebenen Weite und Höhe des Bogens gleichzeitig die Bedingung erfüllen, daß ein jeder der drei stetig in einander übergehenden Kreisbögen zu einem Mittelpunktswinkel von 60 Graden gehören soll, so verfährt man auf folgende Weise. Man beschreibe über der halben Bogenweite das

Fig. 49*. gleichseitige Δ a,c,m (Fig. 49), nehme c,e = c,d, ziehe die Linie e,d und verlängere sie, bis zum Durchschnitte mit der Linie a,m. Dadurch erhält man den Punkt h. Aus diesem ziehe man mit m,c die parallele Linie h,k,i, deren Durchschnittspunkte mit a,c und der Verlängerung von d,c die gesuchten Mittelpunkte k und i bestimmen. Daß durch diese Konstruktion h,k = a,k und der Winkel a,k,h = 60° werden müsse, ergibt sich aus dem Parallelismus der Linie h,k und m,c. Es ist aber auch h,i = i,d; denn aus der Aehnlichkeit der Dreiecke e,c,d und h,i,d folgt d,c : e,c = d,i : h,i. Nun ist aber nach Konstruktion d,c = e,c folglich auch d,i = h,i. Daß endlich der Winkel h,i,h′ = 60° sey, ergibt sich aus der bloßen Ansicht der Figur.

5) Die Konstruktion nach Bossut. Setzt man die Höhe eines Korbbogens = h, die halbe Spannweite desselben = w, den Radius der beiden kleineren Bögen = r und den Radius des mittleren Bogens = R, so ergibt sich aus der Betrachtung des

Fig. 50*. Dreieckes k,c,i (Fig. 50), als die Gleichung eines Korbbogens:

$(R - r)^2 = (w - r)^2 + (R - h)^2$, welche, da sie zwei unbekannte Größen R und r enthält, zu der Klasse der unbestimmten Gleichungen gehört, und nur dann gelöst werden kann, wenn einer der Radien R oder r entweder unmittelbar bestimmt, oder eine Bedingung festgesetzt wird, welche die Bestimmung derselben zur Folge hat. Indem sich nun Bossut die Aufgabe setzte, eine solche Konstruktion zu finden, daß das Verhältniß zwischen der Differenz der beiden Radien und dem kleineren Radius, also der Ausdruck $\frac{R - r}{r}$ ein Minimum werde, indem durch die Erfüllung dieser Bedingung der Uebergang der drei den Korbbogen bildenden Kreisbögen unter allen übrigen Fällen die größte Stetigkeit besitzen muß, gelangte er zu folgender Konstruktion: Man trage die Bogenhöhe c,d von c nach e, verbinde die Endpunkte der Bogenweite und Bogenhöhe durch die Linie a,d, trage auf diese die Linie a,e von d nach f und errichte in der Mitte von a,f die senkrechte h,i; da, wo diese die Linien a,c und d,c durchschneidet, nämlich in k und i, sind die Mittelpunkte der Bögen.

Die analytische Auflösung dieser Aufgabe, wodurch man zu der eben angegebenen Konstruktion gelangt, ist folgende.

Aus der obigen Gleichung des Korbbogens ergibt sich vorerst: $R^2 - 2\,Rr + r^2 = w^2 - 2\,wr + r^2 + R^2 - 2\,Rh + h^2$, und wenn man reduzirt und den Werth von $\frac{R}{r}$ bestimmt:

$\frac{R}{r} = \frac{w^2 + h^2 - 2\,wr}{2\,r\,(h - r)}$, woraus man für den Werth von $\frac{R}{r} - 1$ oder $\frac{R - r}{r}$ den Ausdruck $\frac{w^2 + h^2 - 2\,r\,(w + h) + 2\,r^2}{2\,r\,(h - r)}$ erhält. Differenzirt man denselben in Bezug auf r, und setzt man sein Differenzial gleich Null, so ergibt sich:

$- 4\,hwr.dr - 4\,h^2r.dr + 8\,hr^2.dr + 4\,wr^2.dr + 4\,hr^2.dr - 8\,r^3.dr + 4\,w^2r.dr + 4\,h^2r.dr - 8\,wr^2.dr - 8\,hr^2.dr + 8\,r^3.dr - 2\,hw^2.dr + 2\,h^3.dr + 4\,hwr.dr + 4\,h^2r.dr - 4\,hr^2.dr = o$, und wenn man reduzirt, das Resultat nach den Potenzen von r ordnet und hieraus den Werth von r bestimmt:

$r = \frac{w^2 + h^2 \pm (w-h) \sqrt{(w^2 + h^2)}}{2\,w}$. Gibt man diesem Ausdrucke die folgende Form:

$r = \frac{\sqrt{(w^2 + h^2.)}\ \frac{1}{2} (\sqrt{(w^2 + h^2)} + (w - h))}{w}$, so läßt sich daraus die Proportion:

$r : \sqrt{(w^2 + h^2)} = \frac{1}{2} (\sqrt{(w^2 + h^2)} + (w - h)) : w$ herleiten. Die diesen vier Proportionalgliedern entsprechenden Linien finden sich in den ähnlichen Dreiecken a,k,g und a,c d; denn es ist $r =$ a,k, $\sqrt{(w^2 + h^2)} =$ a,d, $\frac{1}{2} (\sqrt{(w^2 + h^2)} + w - h) = \frac{1}{2} (\sqrt{(w^2 + h^2)} - (h - w)) = \frac{1}{2}$ (ad — df) = ag und $w =$ a,c, woraus die Richtigkeit der obigen Konstruktion hervorgeht. Wir hätten uns nicht so sehr in das Detail der Auflösung eingelassen, wenn nicht zu gleicher Zeit in unserem Zwecke die Beseitigung eines Irrthums gelegen wäre, den sich die Uebersetzer L..,r und S...ß des viel, und besonders von Anfängern gelesenen Werkes: Sganzin's Grundsätze der Straßen-, Brücken-, Kanal- und Hafenbaukunde, zu Schulden kommen ließen, indem sie sich in einer beigegebenen Note (2ter Theil Seite 7) folgendermaßen aussprechen: „Nun soll $\frac{R}{r}$ und nicht $\frac{R + r}{r}$ wie es irriger Weise im Texte heißt, ein Minimum seyn ɩc." Leider ist aber die erste Annahme ebenso verfehlt als die zweite, indem sich schon aus einer einfachen Betrachtung ergibt, daß $\frac{R}{r}$ nur dann ein Minimum seyn kann, wenn $r = w$ oder $r = h$ ist, wobei sich die Korblinie in einen Halbkreis verwandeln muß. Diesen letzteren Werth, nämlich $r = h$, findet man denn auch durch Differenzirung des Werthes von $\frac{R}{r}$, nicht aber den von den Uebersetzern angegebenen.

6) Die Konstruktionen der Korbbögen kann man füglich nur bei solchen Gewölben anwenden, deren Spannungsweite 30 Fuß nicht übersteigt, und deren Spannungsverhältniß nicht kleiner ist als $\frac{1}{3}$. Bei Gewölben mit größeren Spannweiten bedient man sich solcher Korbbögen, die aus 5, 7, 9, 11 oder aus

einer beliebigen anderen ungeraden Anzahl verschiedener Mittelpunkte beschrieben werden. Da die Form einer solchen Wölbungslinie für das Auge dann am gefälligsten ist, wenn die Bögen, aus welchen sie besteht, stetig in einander übergehen, so muß man dieselbe immer so zu konstruiren suchen, daß sie sich von der über der Höhe und der Spannungsweite konstruirten Ellipse nur wenig unterscheidet. Zu diesem Zwecke beschreibt man mit der halben Spannweite a,c (Fig. 51 *) und Fig. 51*. mit der Höhe c,d aus c zwei Quadranten a,a′ und d,d′ und theilt dieselben, wenn man die Korblinie aus 2 m + 1 Mittelpunkten beschreiben will, in m + 1 gleiche Theile. Ist z. B. die gegebene Anzahl der Mittelpunkte = 5, so ist 2 m = 4, also m + 1 = 3, und es wäre demnach ein jeder Quadrant in 3 gleiche Theile zu theilen. Aus den Theilungspunkten 1 und 2 des großen Quadranten ziehe man sodann mit c,d die parallelen Linien 11″, 22″ und aus den Theilungspunkten 1′, 2′ mit der Linie a,c, die Parallelen 1′1″ und 2′2″, verbinde die Punkte a, 2″ und 1″ (welche, wie leicht zu beweisen, Punkte der Ellipse sind) durch die geraden Linien a,2″ und 2″1″, und errichte in den Mitten derselben die Senkrechten m,n und m′n′. Der Mittelpunkt des ersten Bogens von a aus, liegt alsdann in dem Durchschnittspunkte der Senkrechten m,n mit a,c; der des folgenden Bogens in dem Durchschnittspunkte des Radius 2″n und der Senkrechten m′n′. Der Mittelpunkt des mittleren Bogens endlich liegt in dem Durchschnittspunkte der verlängerten Mittellinie c,d und des den anliegenden Bogen begrenzenden Radius 1″n′.

Daß zu der Konstruktion überhöhter Bögen alle bisher erwähnten Methoden ebenfalls angewendet werden können, bedarf wohl kaum einer Erwähnung.

Konstruktion steigender Wölbungslinien.

Wenn zwei vertikale und parallele Mauern von ungleicher Höhe durch ein zylindrisches Gewölbe überspannt werden sollen, so muß dieses nach einer steigenden Wölbungslinie konstruirt werden. Eine Konstruktionsart solcher Wölbungslinien (Fig. 45) wurde von dem Verfasser bereits beschrieben. Es ist die Auf-

Lösung des Falles, wo die Entfernung der beiden vertikalen Mauern und die Differenz ihrer Höhen gegeben und die Bedingung aufgestellt ist, daß sich die beiden Bögen, aus welchen die steigende Wölbungslinie besteht, in der durch die Mitte der Basis gehenden vertikalen Linie vereinigen sollen. Der Beweis für die Richtigkeit der oben angezeigten Konstruktion ergibt sich aus dem weiter unten vorkommenden Beweise für die Richtigkeit der Auflösung einer allgemeineren Aufgabe (Fig. 52 *), von welcher diese nur ein spezieller Fall ist.

Fig. 52 *.

Zweite Konstruktion.

Die Basis d,e der Wölbungslinie, die Lage der Scheitellinie i,k und der Vereinigungspunkt f der beiden Bögen ist gegeben. Man trage die Linie i,f und k,f nach i,a und k,b, ziehe die horizontalen Linien b,n und a,m und halbire die Winkel k,i,a und f,k,b durch die Linien i,m und k,n. Die Punkte m und n, wo diese die beiden horizontalen Linien durchschneiden, sind die Mittelpunkte der gesuchten Bögen. Der Beweis für die Richtigkeit ist folgender: Die Dreiecke a,i,m und m,i,f, so wie die Dreiecke n,f,k und n,k,b sind kongruent, woraus die Gleichheit der Seiten a,m und m,f, n,f und n,b und die der Winkel m,a,i und i,f,m folgt; weil nun der Winkel m,a,i ein rechter ist, so steht auch die Linie i,k auf m,f senkrecht und ist daher die gemeinschaftliche Tangente der beiden aus den Punkten m und n beschriebenen Kreisbögen a,f und f,b.

Fig. 53 *.

Dritte Konstruktion.

Ist die Basis d,e, die steigende Linie a,b und die Richtung der Scheitellinie gegeben, indem man z. B. den Winkel kennt, welchen sie mit einer der beiden vertikalen Linien i,d und k,e bildet, so ziehe man durch einen beliebigen Punkt i', welcher auf der Verlängerung von d,a liegt, eine Linie i'k', welche mit d,i' oder mit e,k' den verlangten Winkel bildet, trage sodann die Linie i'a von i' nach f' und die Linie k'b von k' nach f'', und ziehe die Linie a,f' und b,f''. Der Durchschnittspunkt f dieser beiden Linien ist alsdann der Vereinigungspunkt der gesuchten Bögen, durch welchen man nur die Linie

i,k parallel mit i'k' zu ziehen hat, um die Konstruktion nach der so eben angeführten Weise zu vollenden. Daß der Punkt f der gesuchte Vereinigungspunkt der beiden Bögen sey, ergibt sich aus der Betrachtung der ähnlichen und gleichschenklichen Dreiecke a,i',f' und a,i,f, so wie der Dreiecke b,k'f'' und b,k,f.

Vierte Konstruktion.

Wenn die Lage der Scheitellinie i,f, des Scheitelpunktes f und der steigenden Linie a,b gegeben ist, so wird die Lage der Mittelpunkte der komponirenden Bögen der Wölbungslinie auf folgende Weise bestimmt. Man trage die Entfernung des Scheitelpunktes f von dem Punkte i der Scheitellinie auf die Vertikale i,a und errichte in dem Punkt f die Senkrechte f,m. Aus dem Punkte m; wo diese die horizontale Linie a,m durchschneidet, beschreibe man hierauf mit m,f den Bogen f,f' und ziehe die Senne f,f'. Der Durchschnittspunkt b gibt sodann die vertikale Linie c,b und die horizontale b,n, welche der Radius des zweiten Bogens ist. Um das Letztere zu beweisen, hat man nur die ähnlichen Dreiecke m,f,f' und n,b,f zu betrachten. Da nämlich das erstere gleichschenklich ist, so muß auch das letztere gleichschenklich, und folglich die Linie n,f = n,b seyn. Fig. 54*.

Die Haupteigenschaften der aus zwei Kreisbögen bestehenden aufsteigenden Wölbungslinie können aus der Betrachtung der 55*sten Figur hergeleitet werden. Da die hieraus hervorgehenden Formeln auf den einfachsten, trigonometrischen Sätzen und auf der Aehnlichkeit der Dreiecke beruhen, so glauben wir die Ableitung derselben dem Leser überlassen zu dürfen. Fig. 55*.

Fünfte Konstruktion.

Sind die beiden vertikalen Mauern a,i und c,b,k (Fig. 51 b*) so weit von einander entfernt, daß die Scheitellinie i,f zwei= oder mehrmal größer als die Linie a,i ist, so muß die steigende Wölbungslinie entweder eine Ellipse seyn, oder aus mehreren Kreisbögen zusammengesetzt werden; da jedoch die Konstruktion eines elliptischen Gewölbes in diesem Falle noch mehr Schwierigkeiten darbietet, als in dem durch Fig. 51 a* repräsentirten Fig. 51 b*.

Falle, so ist derselben die aus Kreisbögen zusammengesetzte Wölbungslinie vorzuziehen, zumal wenn man dieselbe so konstruirt, daß sie sich der Ellipse möglichst nähert. Dieß erreicht man auf folgende Weise:

Man trage die Linie a,i von a nach i', beschreibe aus i' den Bogen a,i'', ziehe die Vertikale i',i'', verbinde die Punkte i und i' durch die Linie i,i' und ziehe durch den Durchschnittspunkt dieser Linie mit dem Bogen a,i'' eine Linie, welche mit der Senne a,i'' parallel ist und die Vertikale a,i in einem Punkte m durchschneidet. Nun bestimme man den Mittelpunkt f der Scheitellinie i,k, ziehe die Linie a,f und parallel mit derselben durch m die Linie m,n. Diese Linie ist aus leicht einzusehenden Gründen *) die Tangente zu der über den konjungirten Durchmessern a,b und f,i' konstruirten Ellipse; die entsprechende Tangente n'q ergibt sich, wenn man die Linie f,n von f nach n' und die Linie i,m von k nach m' trägt. Die übrigen Tangenten zu derselben Ellipse sind die Linien a,m, n,n' und k,b. Um nun eine aus Kreisbögen zusammengesetzte Kurve zu konstruiren, welche dieselben Tangenten besitzt, wie die über den konjungirten Durchmessern a,b und f,i' konstruirte Ellipse, halbirt man den Winkel a,m,p und zieht aus dem Punkte 1, wo die Halbirungslinie m,1 die Linie a,i' durchschneidet, den Kreisbogen a,p; die Linie n,p wird hierauf von n nach f' getragen, die Linie p,1 gezogen, der Winkel p,n,f' halbirt und aus dem Durchschnittspunkte 2 der Linien n,2 und p,1 der Bogen p,f' beschrieben. Man ziehe nun die Linie f',2, trage die Linie n'f' von n' nach q, halbire den Winkel f'n'q und bestimme den Punkt 3. Die Linie m'q nach m'b getragen, die Linie q,3 und die horizontale Linie b,4 gezogen, bestimmt endlich den Punkt 4, aus welchem der Bogen q,b konstruirt wird.

Schluß der Anmerkung.

---

*) Man denke sich die Ellipse als die Projektion eines beliebigen Kreises, und das die Ellipse einschließende Parallelogramm als die Projektion des den Kreis umgebenden Quadrates.

Zweites Kapitel.

Thüren durch schiefe und durch Böschungsmauern. (Portes biaises et en talus.)

§ 53. Ehe wir weiter gehen, wollen wir zu einer schärferen Auffassung des vorliegenden Zweckes noch einige allgemeine Bemerkungen vorausschicken.

Wir haben aus den wenigen vorhergehenden Beispielen ersehen, daß die zu lösende Aufgabe immer darin bestehe, daß man den aus den Steinbrüchen kommenden Steinblöcken durch bestimmte Schnitte diejenige Form gebe, welche dem Orte, den sie in dem Gebände einnehmen sollen, am vollkommensten entspricht. Es zerfällt aber die Lösung dieser Aufgabe in zwei Theile:

1) In die Konstruktion des Entwurfes, durch welchen die Dimensionen aller Theile eines Steines bestimmt werden können, und

2) In das Auftragen der zur Bestimmung der Schnittflächen nothwendigen Linien auf den Steinblock. Da jedoch der Entwurf die wahre Größe aller Dimensionen eines Steines nicht unmittelbar angibt, indem man aus der räumlichen Konstruktionslehre weiß, daß die Projektion einer Linie mit dieser nur dann gleich groß ist, wenn sie zur Projektionsebene parallel läuft; da dieser Fall übrigens nur selten, und für Figuren und Linien, welche nicht in einer Ebene liegen, gar nicht stattfindet, so muß man vor dem Beginne eines Entwurfes bei der Wahl der Projektionsebenen mit der größten Sorgfalt zu Werke gehen, und diese wo möglich mit der größten Anzahl der Linien parallel legen.

Thüre in eine schiefe Mauer. (Porte dans un mur biais.)

§ 54. Das Trapez a'b'a''b'' (Fig. 56 a Taf. 4) bezeichne die horizontale Projektion der Oeffnung einer Mauer, welche Fig. 56 a und 57 Taf. 4.

zwischen zwei vertikalen, aber nicht parallel laufenden Ebenen p'q' und p''q'' liegt. Man konstruire zuerst die vertikale Projektion der Thüre, auf einer Ebene (Fig. 45), welche auf der Achse der Thüre senkrecht steht. Da die Leibung des Gewölbes eine Zylinderfläche ist, die den Halbkreis a,u,b zur Direktrix hat, so wird sie die Mauerfläche p'q' ebenfalls nach einem Halbkreise durchschneiden, und dessen vertikale Projektion die Linie a,u,b, seine horizontale Projektion aber die Linie a'b' seyn; ihr Durchschnitt mit der Ebene p''q'' hingegen ist eine halbe Ellipse, die zur vertikalen Projektion den Halbkreis a,u,b und zur horizontalen Projektion die Linie a''b'' hat. Damit man die Konstruktion der Leibung besser erkennen möge, wurde in der horizontalen Projektionsebene die innere Ansicht des Gewölbes gezeichnet.

Fig. 39 † Taf. 4. Zur Darstellung eines Gewölbsteines, z. B. desjenigen, welcher sich zur Rechten des Schlußsteines befindet, nimmt man einen rechtwinklichen Block, dessen Höhe gleich der größten Höhe und dessen Länge gleich der größten Länge 4,4 des Gewölbsteines ist, reißt auf den beiden Stirnflächen desselben die Lehre v,h,k,z,5,4 auf, und verfährt dann so, als ob der Stein zu einem geraden Portale gehörte (§ 45). Trägt man endlich auf eine jede Kante ihre gegebene wahre Größe durch die horizontale Projektion des Steines auf, und verbindet die Endpunkte desselben durch gerade Linien, so ist die schiefe Frontfläche des Steines bestimmt.

Die eben gezeigte Methode hat jedoch mehrere Unbequemlichkeiten; sehr häufig führen nämlich die Steinhauer ihre Entwürfe nach dem wahren Maaßstabe auf Flächen aus, die sie mit großer Sorgfalt zugerichtet haben; sie müßten daher die Länge der Kanten von ihrem Entwurfe abnehmen und jedesmal auf den zu behauenden Stein, der oft sehr weit von dem Orte des Entwurfes entfernt ist, übertragen. Zwar könnte man auch die Länge aller Kanten durch Zahlen ausdrücken; allein dieses Verfahren würde nicht nur viele Zeit fordern, sondern könnte auch bei krummen Linien gar nicht angewendet werden. Wir wollen daher zur Anführung der übrigen Mittel übergehen.

Da die vertikale Ebene p'q' auf den erzeugenden Linien der die Leibung des Gewölbes bildenden Zylinderfläche senkrecht steht, so ist die Projektion der Durchschnittslinie dieser Linie selbst gleich. Trägt man daher die Bögen (a,1), (1,2) nach der Reihe auf die gerade Linie a'''b''' (Fig. 58 Taf. 4), so erhält man die Entwicklung der Kurve a,u,b. Es ist wohl zu bemerken, daß, wenn die Theilungspunkte etwas weit von einander entfernt sind, Zwischenpunkte gewählt werden müssen. Errichtet man auf der Linie a'''b''' die geraden a'''a^4 (1,1), (2,2) ꝛc., trägt darauf aus der horizontalen Projektion die Länge der entsprechenden Kanten, und verbindet die Endpunkte derselben durch eine stetige krumme Linie, so erhält man die Figur a''',b''',b^4,a^4, welche die Entwicklung der Leibung ist. Fig. 58 Taf. 4.

Nehmen wir nun an, der Stein 4,5,z,k,h,v sey so zugeschnitten, als ob derselbe zu einer geraden Thüre gehörte, so konstruire man die Lehre (4,4,5,5) seiner Leibungsfläche in Carton, oder auf einer anderen biegsamen Fläche, lege diese an dem zylindrischen Theile des Steines so an, daß der der senkrechten Schnittfläche entsprechende Bogen (4,5) der Lehre mit dem Bogen der entsprechenden Stirnfläche zusammenfällt und reiße den der schiefen Schnittfläche entsprechenden Bogen auf der Leibung des Steines auf.

Man konstruire hierauf die Lehren für die Fugenschnittflächen 5,z, 4,v (Fig. 56 a) und lege dieselben auf den angrenzenden Flächen zur rechten und zur linken Seite der Leibung an. Daraus kann sofort die Lage der schiefen Schnittfläche hinreichend bestimmt werden.

Die Konstruktion der Fugenschnittflächen ergibt sich aus Figur 58, in welcher eine jede derselben um ihre Kante in die Entwicklungsebene der Leibung niedergelegt wurde.

Um z. B. die der Kante (4,4) entsprechende Schnittfläche zu bestimmen, trägt man ihre Breite 4,v (Fig. 56 a) auf die Linie a'''b''' (Fig. 58) von 4 nach v''', errichtet die Senkrechte v'''v^4 und gibt ihr die Länge von v'v'' (Fig. 57). Hierauf zieht man die Linie 4,v^4. Auf gleiche Weise werden auch die übrigen Schnittflächen gefunden. Zum Ueberflusse könnte man auch noch die Lehre der horizontalen Fläche v'v'',

h'h'' konstruiren. Dieselbe würde jedoch nur zur genaueren Bestimmung der Lage der schiefen Schnittfläche dienen, weil zur Bestimmung einer Ebene 3 Punkte hinreichend sind, und demnach die Lehre der Leibung und einer Seitenfläche vollkommen genügen, um die Arbeit des Steinhauers zu bestimmen.

Anmerkung des Uebersetzers. Zu den beiden vom Verfasser angegebenen Methoden zur Darstellung eines Steines fügen wir noch eine dritte, welche ihrer Leichtigkeit und Einfachheit wegen den beiden anderen ohne Zweifel vorzuziehen seyn möchte, und weil sie durchaus auf der isometrischen Projektionsmethode beruht, die isometrische Methode genannt werden könnte. Dieselbe besteht darin, daß man von dem darzustellenden Steine in einem beliebigen, aber dem Zwecke entsprechenden Maaßstabe eine perspektivische Zeichnung entwirft, durch welche nicht nur seine Herleitung aus einem rechtwinklichen Block, sondern zugleich auch die wahre Größe aller zur Darstellung des Steines nöthigen Hauptlinien gegeben ist. Die Konstruktion einer solchen Perspektive wird durch folgende Betrachtung möglich:

Wenn man die drei rechtwinklichen Coordinatenebenen einer oder mehrerer Punkte auf eine vierte Ebene so projizirt, daß die Projektionen der drei Coordinatenebenen je zwei und zwei einen Winkel von 120 Graden einschließen, so werden nicht nur die Achsen, sondern auch alle mit diesen parallel laufenden Coordinaten in demselben Verhältnisse verkürzt. Dieses festgehalten, so wird auch die relative Lage der zwischen den Coordinatenebenen liegenden Punkten nicht im geringsten verändert werden, wenn man die Projektionen aller Coordinaten wieder in einem solchen Verhältnisse vergrößert, daß dieselben die Größen der Coordinaten selbst erreichen. Wenn nun die beiden Projektionen irgend eines Körpers gegeben sind, und man denkt sich denselben von einem Parallelopipedon umgrenzt, so wird die horizontale Projektion des letzteren eine die horizontale Projektion des ersteren einschließendes Rechteck seyn, und eben so wird die vertikale Projektion des Parallelopipedons durch ein Rechteck dargestellt werden, welches die vertikale Projektion des Körpers einschließt, und Nichts wird im Wege stehen, die Lage aller Punkte des Körpers zu den Seiten der Rechtecke

durch senkrechte Linien zu bestimmen. Nun können aber je 3 unter den 6 Flächen des Parallelopipedons als rechtwinkliche Coordinatenebenen und die in den Rechtecken gezogenen Senkrechten als die Coordinaten der entsprechenden Punkte betrachtet werden, so daß man, wenn die erwähnten Ebenen auf eine vierte Ebene projizirt werden, eine solche Projektion des Körpers erhält, welche durch die bekannten Coordinaten nicht nur die Lage aller seiner Punkte eben so wie die gegebenen Projektionen desselben auf das Genaueste bestimmt, sondern auch noch vor diesem den Vortheil voraus hat, daß sie uns den Körper von drei Hauptseiten und daher gleichsam perspektivisch zur Anschauung bringt. Wie nun solche (isometrisch-perspektivische) Projektionen zur praktischen Darstellung eines Steines benützt werden können, werden wir sogleich aus folgenden speziellen Beispielen ersehen:

Erstes Beispiel. Es sey die isometrische Projektion eines zu einer geraden Mauer gehörenden Steines a,b,c, a'b'd'e' (Fig. 4 Taf. 1) zu konstruiren. Man beschreibe mit irgend einer Linie, z. B. mit der Breite b'd' des Steines (Fig. 4) einen Kreis, ziehe die vertikale Linie b,1 (Fig. 5), trage von 1 den Radius nach 2 und 4 und von diesen Punkten aus nach 3 und d, verbinde den Punkt b mit den Punkten 4 und d, trage auf b,1 die Höhe b,c (Fig. 4), auf b,4 die Länge b,a des Steines, konstruire das Parallelogramm a,b,d,e, ziehe durch a,e und d die Linien a,a', e,e', d,d' parallel mit b,c, und vollende endlich, indem man die Linie b,c auf den ebengezogenen Parallelen aufträgt, die Parallelogramme a,a'e,e', e,e'd,d' ꝛc. Man sieht aus der Figur, daß die Ebenen a'c'e, d'c'e und d'e'a' als die Projektionen der drei rechtwinklichen Coordinatebenen und die Linien b,a, b,d, b,c als die Coordinaten des Punktes b betrachtet werden müssen; für die Punkte a, c und d ist eine der Coordinaten, für die Punkte a', d' und e sind hingegen zwei der Coordinaten, und endlich für den Punkt e' alle Coordinaten gleich Null.

Zweites Beispiel. Es sey die isometrische Projektion des Steines a,b,c,e,u,t (Fig. 6) zu entwerfen. Man konstruire die beiden Projektionen (m,n,u,t, f'k'c'a') des den Stein einschließenden Parallelopipedons, konstruire die isometrische Pro-

jektion desselben (Fig. 7), wie so eben gezeigt wurde, und bestimme die Lage der Punke a,b,c durch ihre in den Projektionen (Fig. 6) gegebenen Coordinaten. Zur Bestimmung des Punktes b trage man z. B. die Ordinate m,a (Fig. 6) von m nach a (Fig. 7), ziehe durch a eine Parallele mit der Coordinatenachse s,r, und trage auf diese die Ordinate a,b Fig. 6) auf. Auf gleiche Weise bestimmt man den Punkt d. Will man eine solche Projektion zur Darstellung des entsprechenden Steines benützen, so entwerfe man dieselbe in einem zwei- oder dreimal kleineren Maaßstabe, und trage die Ordinaten aus der Projektion mit Hülfe eines eisernen Zirkels und eines rechten, ebenfalls aus Eisen verfertigten Winkels, den man an den Kanten des rechtwinklichen Blockes anlegt, auf die entsprechenden Flächen desselben auf. Ist der Maaßstab der Zeichnung ein dreifach verjüngter, so muß eine jede Ordinate auch dreimal aufgetragen werden.

Drittes Beispiel. Es sey die isometrische Projektion des Steines a,b,c,d,e,u,t (Fig. 10) zu entwerfen. Man bestimme (Fig. 11) die Gestalt seiner Grundfläche q,t,f,r,u,s,q, ziehe durch die Eckpunkte derselben vertikale Linien und trage auf diese die Höhenordinaten der auf ihnen liegenden Punkten a,b,c rc. (Fig. 10) auf. Die übrigen Punkte, z. B. d und b, werden nun auf die in der Figur angezeigten Weise mit Hülfe der mit den Coordinatenachsen parallelen Linien b,z und d,e (Fig. 10) gefunden.

Daß man mit Hülfe einer solchen Projektion zur Darstellung des Steines selbst keine Lehren mehr brauche, wie sie nach den beiden anderen im Texte beschriebenen Methoden nöthig sind, ist zu klar, als daß wir uns länger dabei verweilen dürften. Man sieht zugleich ein, daß die Konstruktion solcher Projektionen nicht so umständlich als die der Lehren, und die dadurch zu erreichende Genauigkeit des Steinschnittes eben so groß seyn werde, als beim Gebrauche der Lehren. Da ferner durch solche Darstellungen die Arbeiten des Steinhauers geleitet und befördert werden, indem alle successiven Formen, welche der Stein bis zu seiner Vollendung erhalten muß, in derselben Projektion

dargestellt werden können, so möchte diese Methode einer besonderen Berücksichtigung sachverständiger Männer verdienen.

Die Konstruktion der isometrischen Projektionen der Steine (Fig. 22 bis 26 und Fig. 29 bis 32), so wie die Benutzung derselben bei ihrer Darstellung aus rechtwinklichen Steinblöcken, ist zu leicht, als daß noch besondere Erklärungen nöthig wären.

Viertes Beispiel. Es sey die isometrische Projektion des Steines a,b,u,v (Fig. 34) zu entwerfen. Man konstruire zuerst isometrische Projektion des den Stein umschließenden rechtwinklichen Parallelopipedens n,o,m,a, theile die Linien a,m und n,o (Fig. 34) in eine beliebige Anzahl gleicher Theile, z. B. in 4, und verbinde die entsprechenden Theilungspunkte durch gerade Linien; da diese zugleich auf den Linien a,m und n,o senkrecht stehen, so bilden sie die Ordinaten der Punkte der Kreisbögen b,u und a,v. In der Fläche n,o,m,a (Fig. 35 †) ziehe man nun die entsprechenden Ordinaten 1-1, 2-2, 3-3, bestimme die Größen derselben aus Fig. 34 und verbinde die erhaltenen, zu den beiden Kreisbögen gehörigen Punkte, durch zwei stetige Linien. Um die untere Grundfläche des Steines zu erhalten, ziehe man die vertikalen Linien 1-1′, 2-2′, 3-3′, trage auf diesen die Höhe des Steines auf und verbinde die erhaltenen Punkte durch die stetige Linie 1′v′. Dasselbe geschieht bei dem Bogen b,u.

Es wäre schwierig und weitläufig, wenn man sich bei der Darstellung des Steines eines ähnlichen Verfahrens bedienen wollte. Da nämlich alle Steine dieselbe Krümmung haben, so bedient sich hier der Steinhauer am zweckmäßigsten einer Lehre, welche durch zwei zu den Kreisstücken b,e und a,d gehörigen Bögen begrenzt sind, die er auf der Fläche b,u,v,a des Steines so auflegt, daß ihre Grenzen durch die vorher bestimmten Punkte u,v,a und b gehen, worauf er die Krümmungen selbst aufreißt.

Fünftes Beispiel. Es sey der Stein (Fig. 42 †) nach seiner isometrischen Projektion darzustellen. Man bestimme auf dem rechtwinklichen Blocke, welcher den Stein einschließt, mit Hülfe eines rechten Winkels und eines Zirkels, die Punkte c,d, e′i′, auf der vorderen und ebenso die entsprechenden Punkte

auf der hinteren Stirnfläche des Steines, lege an den Punkten i' und e' der beiden Stirnflächen eine von den konzentrischen Kreisbögen i,e und m,n (Fig. 41) begrenzte Lehre an, und reiße damit die Bögen i',e' und m,n auf; nun ziehe man die Linien d,e' und a,i', wodurch sich die Punkte m und n ergeben und der Stein behauen werden kann. Wie man die Falze m,z,e,i,v,n,m bestimmt, wurde bereits im Texte gezeigt.

Sechstes Beispiel. Es sey die isometrische Projektion des Steines 4,5,z,k,h,v (Fig. 56 a) zu bestimmen und nach dieser der Stein selbst darzustellen. Man konstruire (Fig. 59 †) die isometrische Projektion 4,5,z',k',h',v'' der hinteren Stirnfläche des Steines, wobei die Punkte der Kurve 4,5 nach der im vierten Beispiel gezeigten Weise dargestellt werden. Durch die Eckpunkte der Stirnfläche ziehe man nun parallel mit der Längenkante des rechtwinklichen Parallelopipedons die Linien v',v'', h',h'', k',k'', 4,4' ꝛc., trage auf diese aus der horizontalen Projektion (Fig. 57) ihre entsprechenden Längen v',v'', h',h'' ꝛc. auf, und verbinde die Endpunkte 4',v'',h'',k'',z'' und 5' durch gerade Linien, die zwischen den Punkten 4' und 5' liegende Punkte jedoch durch eine stetige krumme Linie. Zur Darstellung dieser so wie aller übrigen Steine der Thüre (Fig. 56 a und 57), hat sich der Steinhauer nur eine einzige Lehre zu konstruiren, welche durch ein zu dem Halbkreise a,b (Fig. 56 a) gehöriges Bogenstück begrenzt ist; dieses legt er, nachdem auf dem rechtwinklichen Blocke die Punkte 4,5,z,k,v und 4,5,z', k',h',v' bestimmt sind, auf den Stirnflächen des Steines so an, daß der Bogen desselben durch die Punkte 4 und 5 der beiden Stirnflächen geht, und reißt sodann die Bögen selbst auf. Hierauf wird der Stein behauen, als ob er zu einer geraden Thüre gehörte, und endlich auf den Kanten 4,4, 5,5, v,v' ꝛc. die aus der isometrischen Projektion genommenen Längen 4,4', 5,5', v',v'' ꝛc. aufgetragen, und durch die Verbindung der Endpunkte die Lage der schiefen Stirnfläche v''.h'',k'',z'' bestimmt.

Auf gleiche Weise wird bei der Darstellung der Steine 62 † und 65 † verfahren.

Schluß der Anmerkung.

Thüre durch eine Böschungsmauer. (Porte dans un mur en talus.)

§ 55. Da für die Direktrix des Zylindergewölbes dieselbe Kurve angenommen wurde, wie im vorhergehenden Beispiel, so ist auch die vertikale Projektion des Gewölbes unverändert geblieben. (Fig. 56 a.) Fig. 56 a und 60 Taf. 4.

Die gerade Linie o,p''' (Fig. 56 a) ist der Durchschnitt der Böschungsfläche durch die vertikale Ebene p',p'' (Fig. 60). Derselbe ist nach der linken Seite in die vertikale Projektionsebene umgelegt und durch die größere oder geringere Neigung bestimmt, welche man der Böschungsfläche der Mauer gibt.

Die horizontale Projektion (Fig. 60) zeigt das Gewölbe von oben gesehen.

Zur Konstruktion der horizontalen Projektion eines in der Böschungsebene liegenden Punktes 2, zieht man durch die vertikale Projektion desselben (Fig 56 a) eine horizontale Linie 2,2, bis sie dem Durchschnitt o,p''' der Böschungsfläche in einem Punkte 2 begegnet, welchen man (Fig. 60) auf die Linie o,p⁴ in der horizontalen Projektion projizirt, und durch einen horizontalen Kreisbogen in die Ebene p',p'' zurückgeführt. Hierauf zieht man parallel mit der horizontalen Leitlinie p'',q'' der Böschungsebene, eine Linie 2,2, deren Durchschnitt mit der Projektionslinie 2,2 (Fig. 56 a und 60) die horizontale Projektion des Punktes 2 bestimmt.

Die Entwickelung der Leibungsfläche und die Konstruktion der Fugen-Schnittflächen (Fig. 61) geschieht nach der im vorhergehenden Beispiele beschriebenen Weise. Fig. 61 u. 62 † Taf. 4.

Thüre durch eine schiefe Böschungsmauer. (Porte dans un mur biais et en talus.)

§ 56. Diese Aufgabe ist eine bloße Kombination der beiden vorhergehenden. Der Anblick der Figuren 63 und 64 reicht hin, um die Konstrnktion der horizontalen Projektion der Seitenflächen und der Entwicklung der Leibungen in's Klare zu setzen. Die Darstellungsweise der Steine in diesem wie in dem vorhergehenden Beispiele ist dieselbe, wie die in § 54 auseinandergesetzte. Fig. 63–65 † Taf. 4.

Fig. 56 b — 56 c Taf. 4.

§ 57. Fig. 56 b zeigt einen schiefen, zylindrisch überwölbten Durchgang durch eine gerade Mauer. Die Fig. 56 c ein von 2 parallelen Mauern unterstütztes, an beiden Enden schief durchschnittenes Gewölbe. Da beide Fälle in den vorhergegangenen Beispielen bereits enthalten sind, und diejenigen Schwierigkeiten, welche sie außerdem darbieten, später wieder vorkommen werden, so halten wir uns bei denselben nicht länger auf.

Anmerkung des Uebersetzers. Auf einer mit 4 bis bezeichneten Tafel hat der Verfasser, wahrscheinlich zur Uebung für den Anfänger, die Lösung zweier Aufgaben dargestellt, welche im Texte nicht erwähnt sind. Da nun das Verständniß derselben für manchen Leser noch zu schwierig seyn möchte, so hielten wir eine kurze Erklärung dieser Aufgaben um so mehr für angemessen, als diese den nachdenkenden Leser nicht hindert, die Auflösung mit eigenen Kräften zu versuchen.

Thüre mit flachem Sturze durch eine runde Mauer.

Fig. 66 — 68 Taf. 4 bis.

Figur 66 zeigt einen horizontalen Durchschnitt der zylindrischen Mauer, so wie die Ansicht des flachen Sturzes von unten. Alle Steine, welche den vertikalen Pfeiler des flachen Sturzes zur Rechten bilden, erhalten, wie aus dem Grundrisse hervorgeht, gebrochene Schnittflächen, so daß ihr eines Ende r′,s′ auf der inneren Mauerfläche und ihr anderes Ende s,r auf der äußeren Mauerfläche normal steht. Die Konstruktion, durch welche der Mittelpunkt m gefunden wurde, in dem sich die Schnittflächen der Gewölbsteine vereinigen, so wie die Art, wie die Gestalt dieser Flächen bestimmt werden kann, zeigen die Figuren 67 und 66. Es ist von selbst klar, daß, wenn die Leitlinien a′,b′ und a″,b″ der inneren und äußeren Zylinderfläche Kreise sind, die Fugen der Gewölbsteine Theile von Ellipsen seyn müssen. Um daher die Gestalt der Schnittflächen zu erhalten, ist es nicht hinreichend, die Lage der Endpunkte ihrer Fugen zu bestimmen, sondern man muß auch die einiger mittleren Punkte suchen. Um z. B. die Gestalt der dem Theilungspunkte 4 (Fig. 67) des Sturzes entsprechenden Schnittfläche zu erhalten, dreht man dieselbe um den

Vereinigungspunkt m der Fugen, bis sie mit der horizontalen Ebene m,m'' (Fig. 67) zusammenfallen, und projizirt sie von hier aus in die horizontale Projektionsebene. Auf diese Weise kömmt die horizontale Linie p (Fig. 67) nach 4,4 (Fig. 66); die horizontale Linie m (Fig. 67) nach m,m' (Fig. 66), endlich die horizontale Linie q nach q,q' (Fig. 66). Verbindet man hierauf die Punkte 4,m,q und 4,m',q' durch stetige krumme Linien, so ergibt sich die Gestalt 4,m,q,q',4 der Fugenschnittfläche p,q (Fig. 67). Fig. 68 a zeigt die Entwicklung der in der äußeren, Fig. 68 b die Entwicklung der in der inneren Zylinderfläche liegenden Stirnflächen der Gewölbsteine. Die Linien a,1, 1-2, 2-3 ꝛc. (Fig. 68 a) sind gleich den Bögen a,1, 1-2, 2-3 ꝛc. (Fig. 66); eben so sind die Linien 4,m'' und 4,q'', in deren Endpunkten die senkrechten m'',m und q'',q (Fig. 68 a) zur Bestimmung der Punkte m und q errichtet sind, gleich den Bögen 4,m und 4,q (Fig. 66).

Zur Darstellung eines Steines 4,p,m,q,l,b (Fig. 66 u. 69*) nach der vom Verfasser angegebenen Methode verfährt man auf folgende Weise: Man richte einen entsprechenden rechtwinklichen Block zu, lege auf seine obere Fläche eine Lehre von der Gestalt 4,r,s,s',r',4 auf, reiße die Gestalt derselben ein und arbeite die vorspringenden Theile des Steines senkrecht auf die Grundfläche desselben ab. Man kann sich der Richtigkeit der Arbeit etwas genauer versichern, wenn man dieselbe Lehre auch auf der entgegengesetzten Seite der Grundfläche aufreißt. Nun nehme man die der inneren und äußeren Stirnfläche des Steines entsprechenden biegsamen Lehren 4,p,m,q,l,b und 4,p',m',q',b' (Fig. 68 a und 68 b), trage dieselben auf dem konvexen und konkaven Theile des Steines auf und arbeite die vorspringenden Theile der Seitenflächen desselben so ab, daß ein Lineal, welches an zwei entsprechenden Punkten, z. B. m und m', l und l', der inneren und der äußeren Stirnfläche angelegt wird, den Steinflächen seiner ganzen Länge nach aufliegt. Man sieht leicht ein, daß die Fugenschnittflächen, deren Gestalt in Fig. 66 bestimmt wurde, die Richtigkeit der Konstruktion kontroliren werden. Fig. 69* Taf. 4 bis.

Sollte der Stein 4,b,l,q (Fig. 67) nach seiner isometrischen

Projektion (Fig. 69 *) dargestellt werden, so würde man zuerst wie bei der Darstellung des Steines Fig. 22 verfahren, d. h. ihn so behauen, als ob er zu einer durch eine gerade Mauer gehenden Thüre gehörte, deren Tiefe gleich der größten Länge des Steines ist. Ist nun der Stein so weit verarbeitet, so bestimmt man auf demselben die Lage der Punkte q,r,s,s',r',q',b und b', konstruirt zwei von Bogenstücken begrenzte Lehren, die mit den Radien c,r und c,r' (Fig. 66) beschrieben wurden, legt das erste an die Punkte q,r und 4,b, das zweite an die Punkte q',r' und 4,b', reißt die Bögen q,r, 4,b ꝛc. auf und arbeitet die vorspringenden Theile des Steines senkrecht auf seine obere und untere Fläche ab.

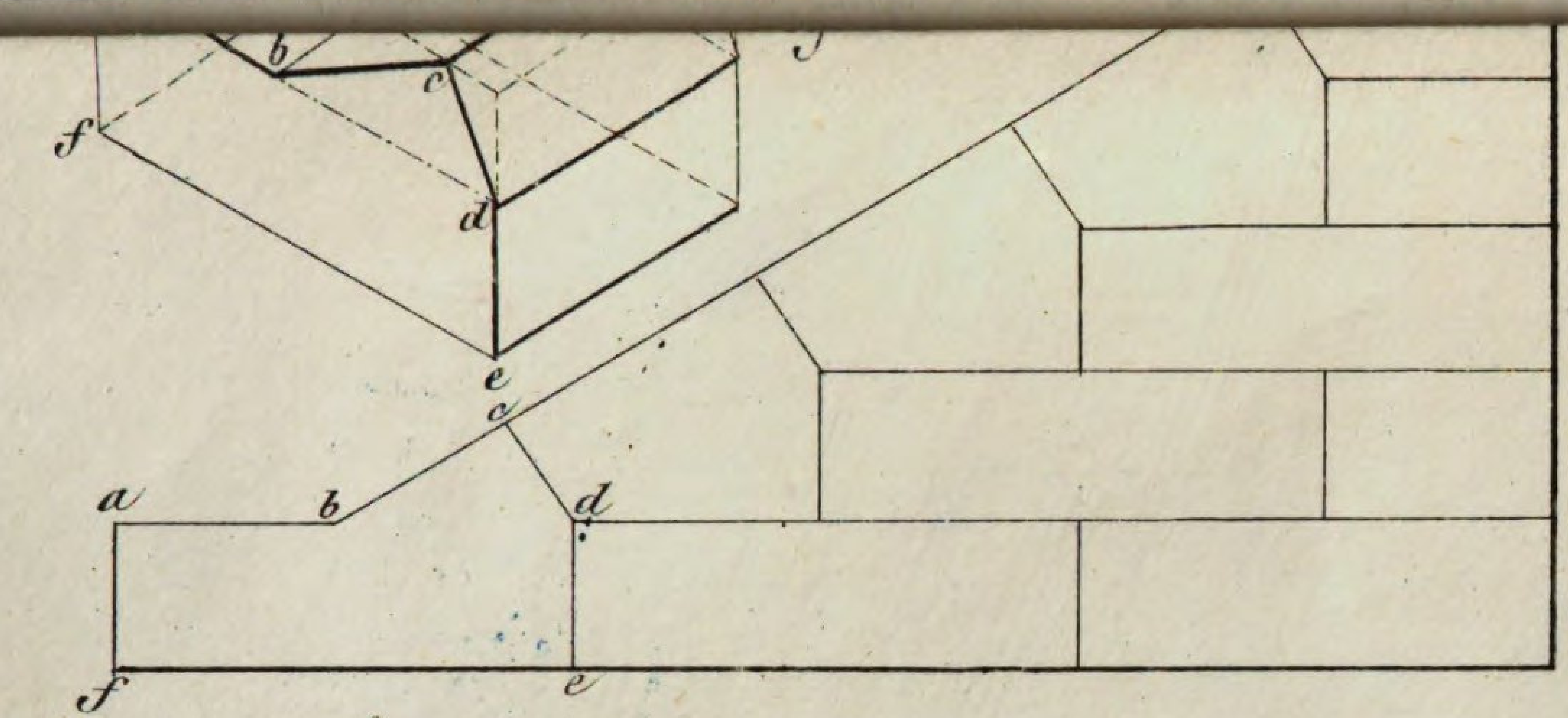
Zylindrisch überwölbte Thüre durch eine runde Mauer.

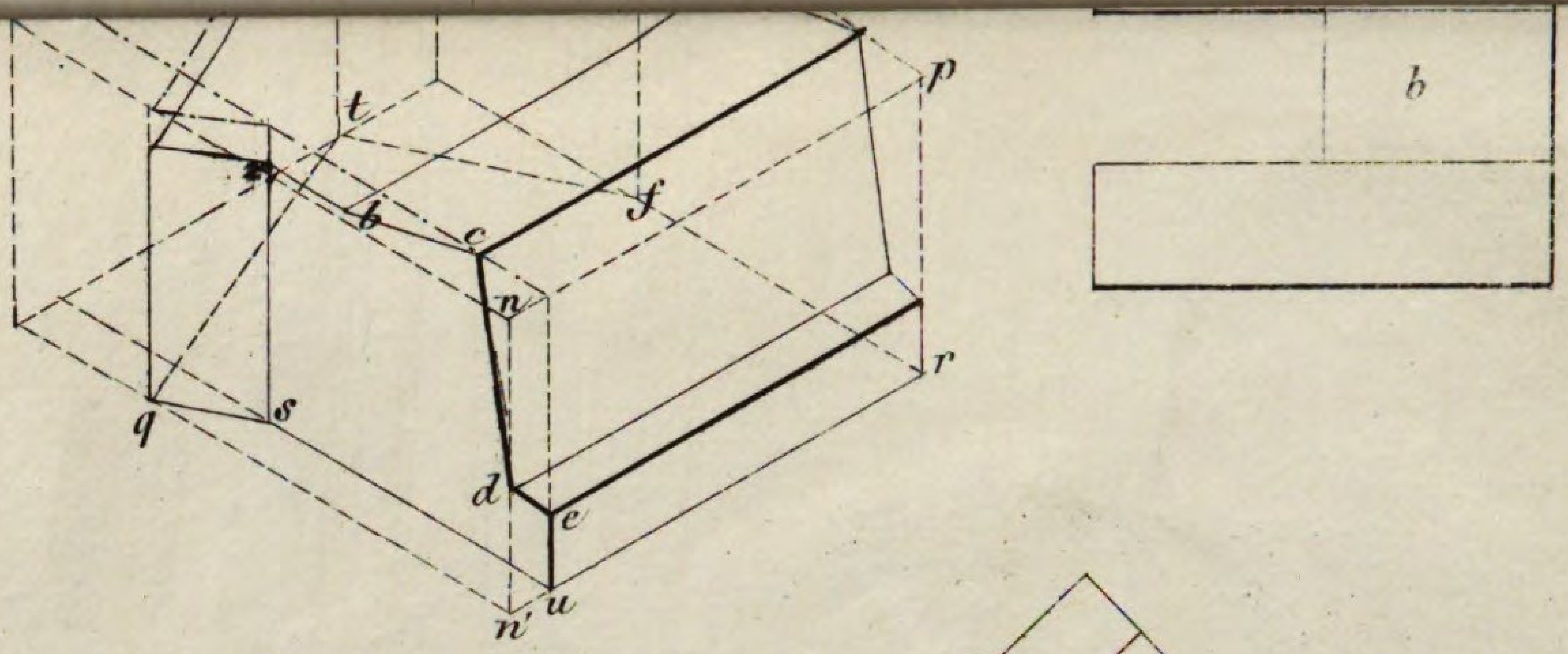
Die vertikale Projektion (Fig. 70) zeigt, daß die Leitlinie des zylindrischen Gewölbes ein Halbkreis ist, während die horizontale Projektion (Fig. 71) deutlich macht, daß die Leitlinien der inneren und äußeren Zylinderfläche der Mauer zwei Kreisbögen sind, deren Mittelpunkt in c liegt. Alles Uebrige wird aus den Figuren selbst deutlich. Die 72ste Figur, in Verbindung mit Figur 71, erklärt die Konstruktion der Entwicklung der Leibesfläche. Die Entwicklung der Stirnflächen der Gewölbsteine ist in der 73sten Figur ausgeführt; sie geschieht auf dieselbe Weise, wie in der vorhergehenden Aufgabe.

Bei der Darstellung eines Gewölbsteines (4,5,l,r,q,n,a Fig. 70) nach der gegebenen isometrischen Projektion desselben (Fig. 74 *), verfährt man auf folgende Weise: Der entsprechende rechtwinkliche Block wird zuerst so behauen, als wenn der Stein zu einer geraden zylindrischen Thüre (Fig. 41) gehörte. Hierauf bestimmt man auf der oberen Fläche desselben zuerst die Punkte r,q,s,s',r',q' und alsdann, vermittelst zweier Lehren, welche auch für alle übrigen Steine benützt werden können, die Bögen r,q und r',q' und arbeitet nun die vorspringenden Theile des Steines senkrecht auf die Fläche q,r,s',q' ab.

Schluß der Anmerkung.

Von den Mauern.





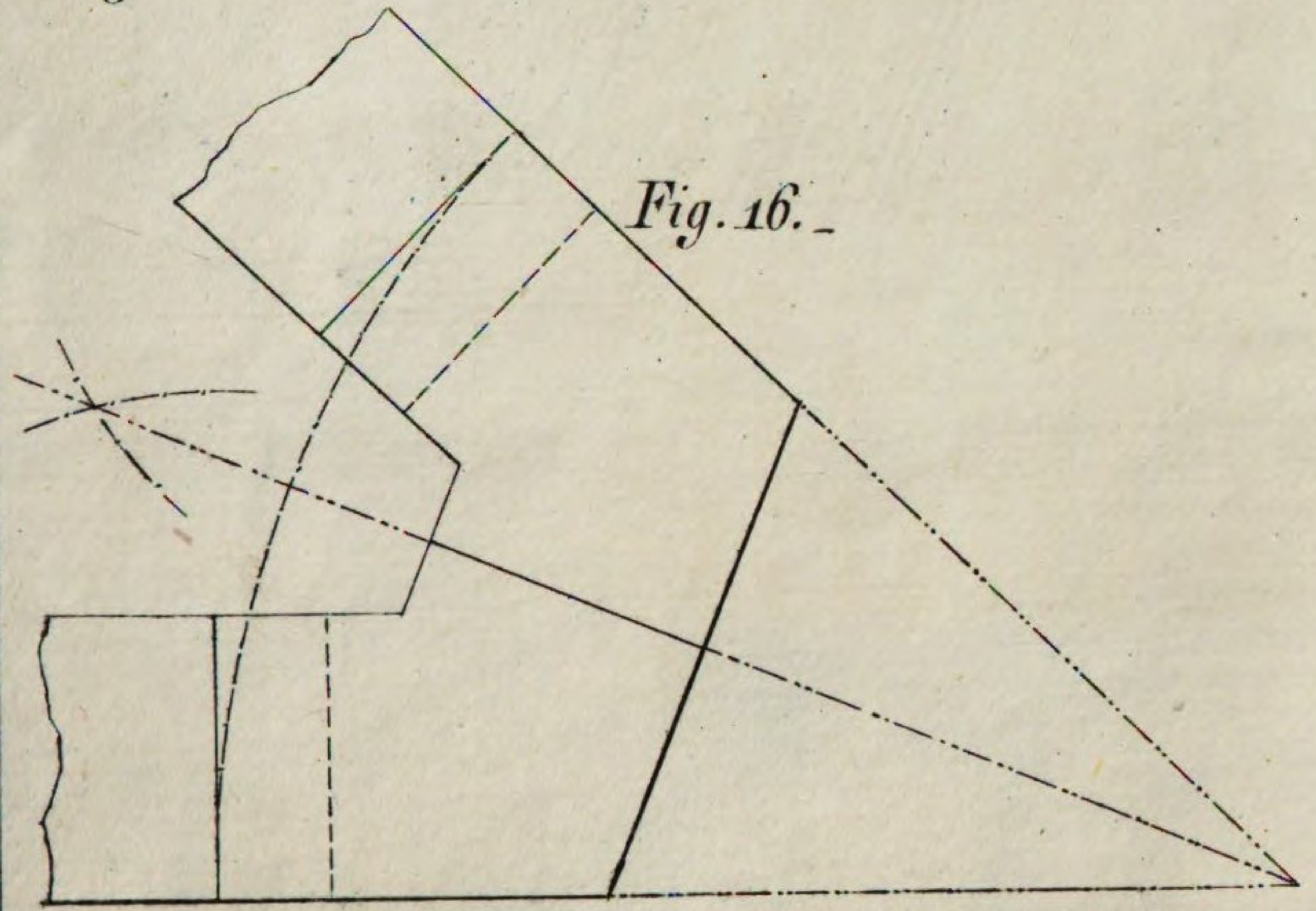


Fig. 16.

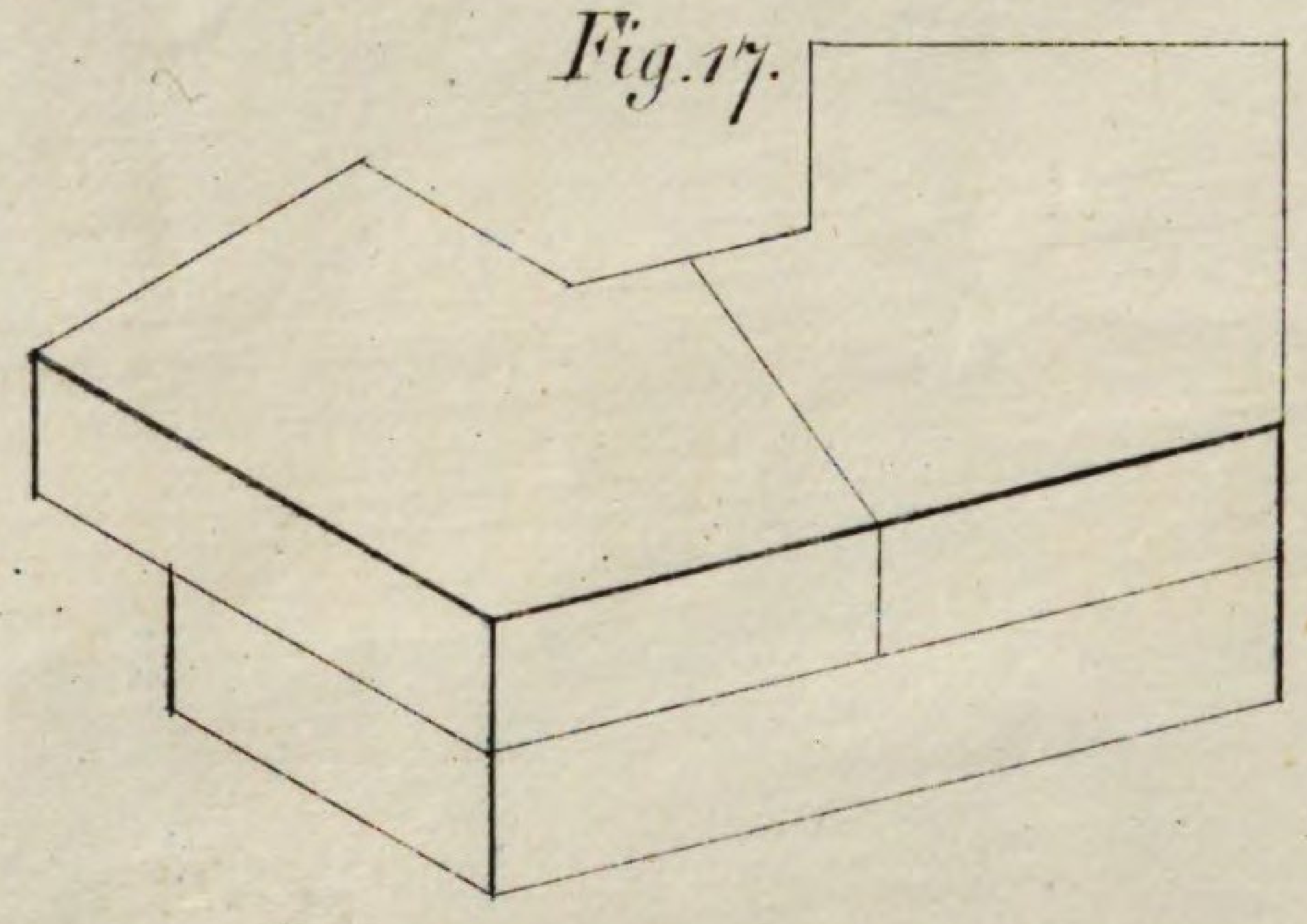


Fig. 17.

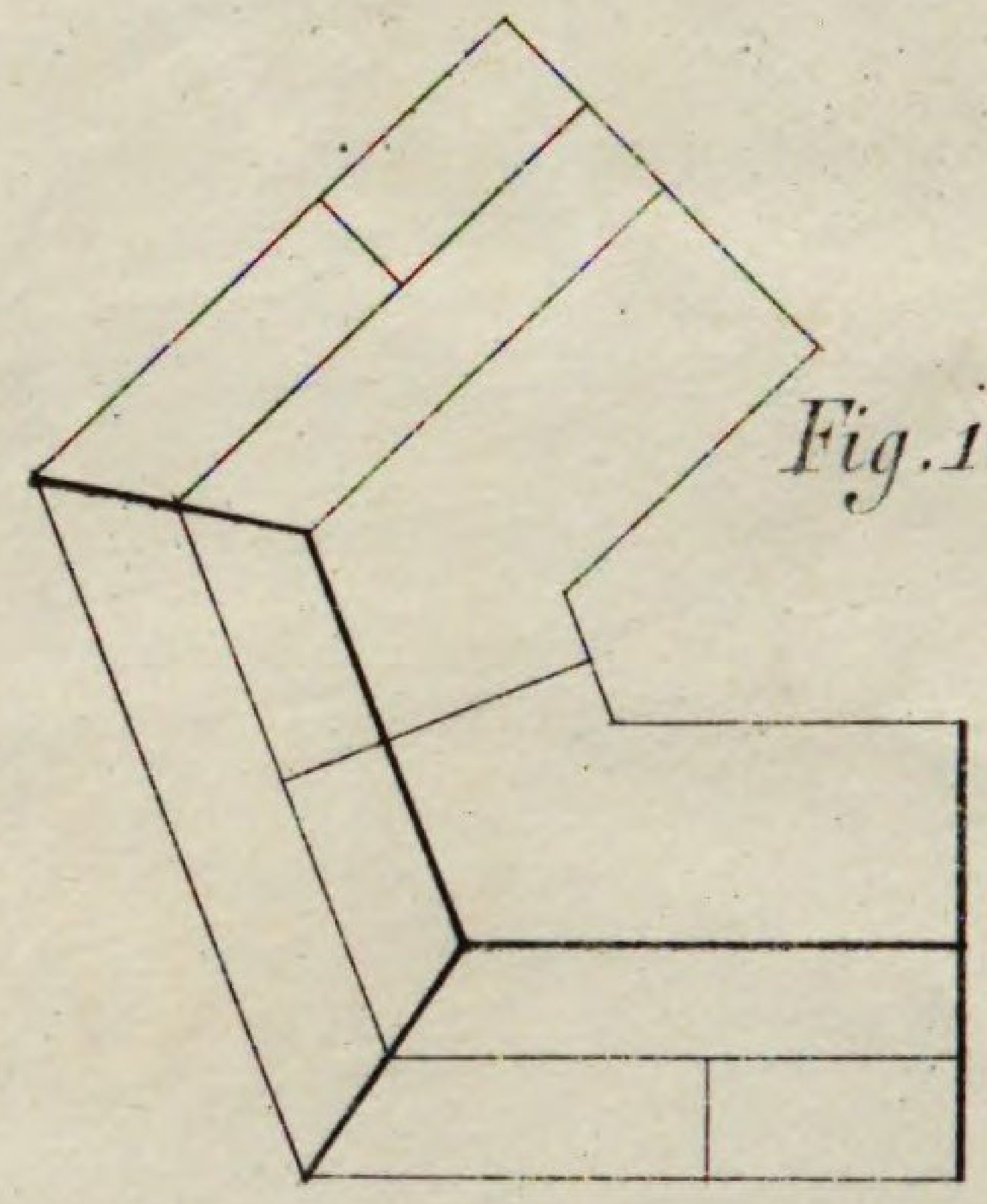
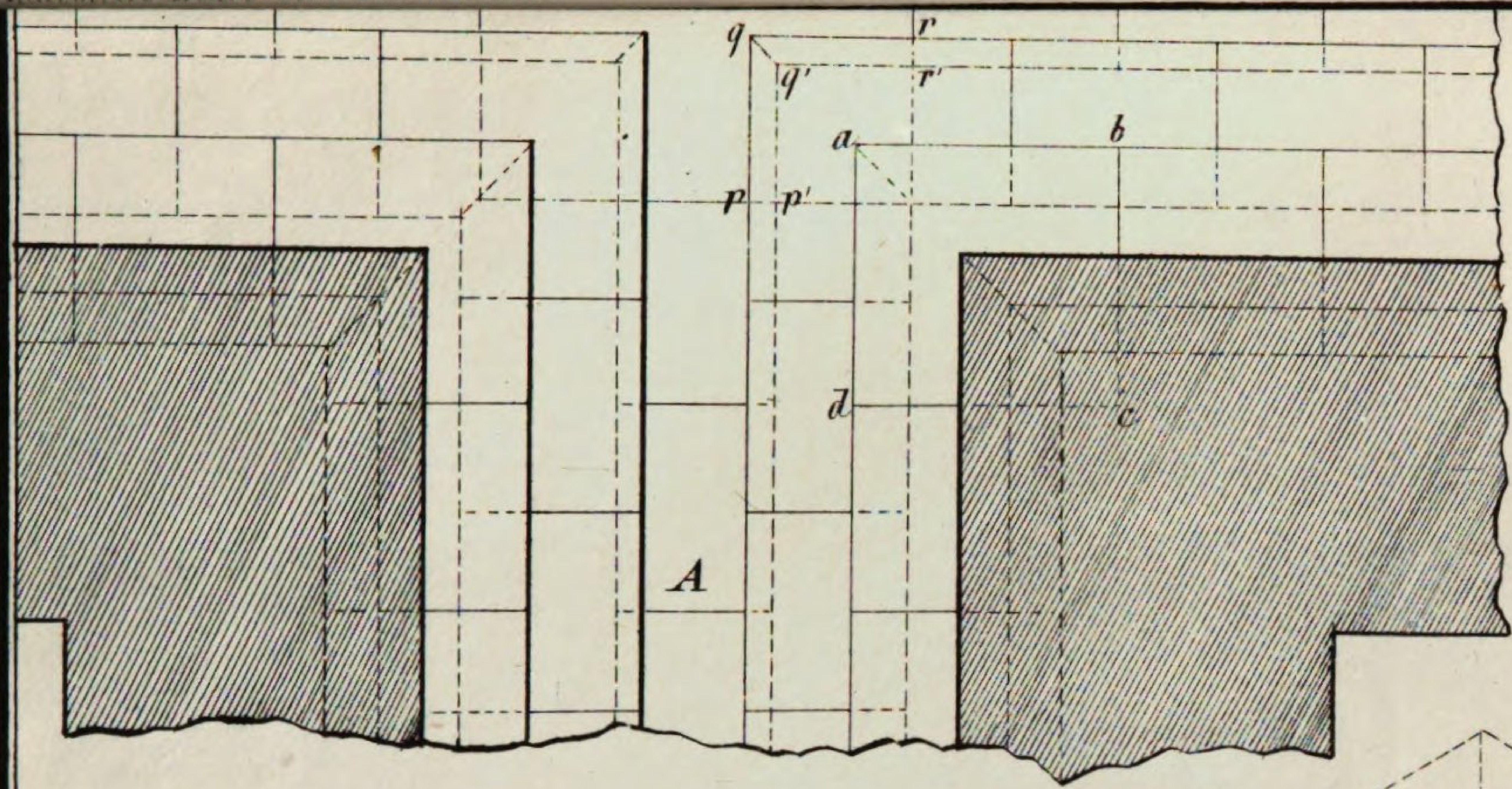
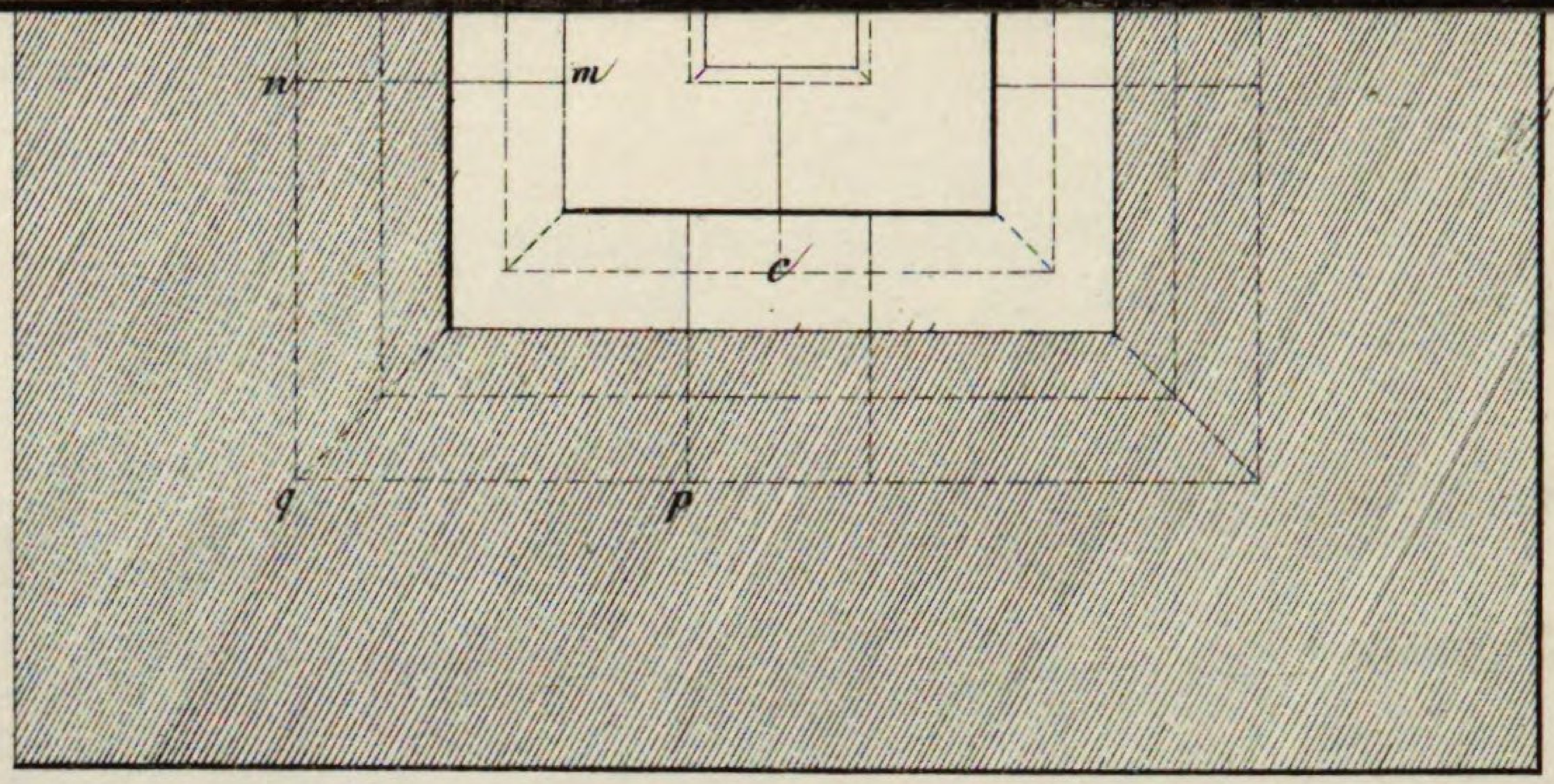


Fig. 18.

Der flache Sturz und das flache Gewölbe.





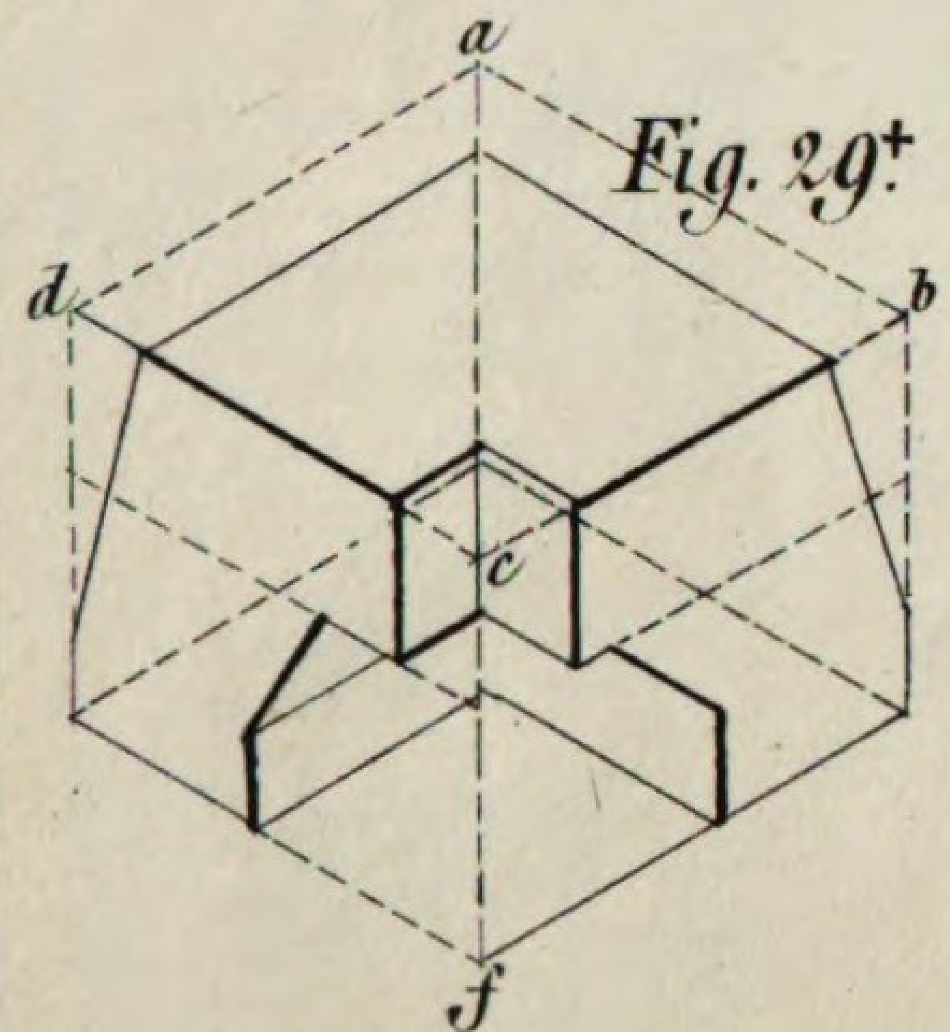


Fig. 29.+

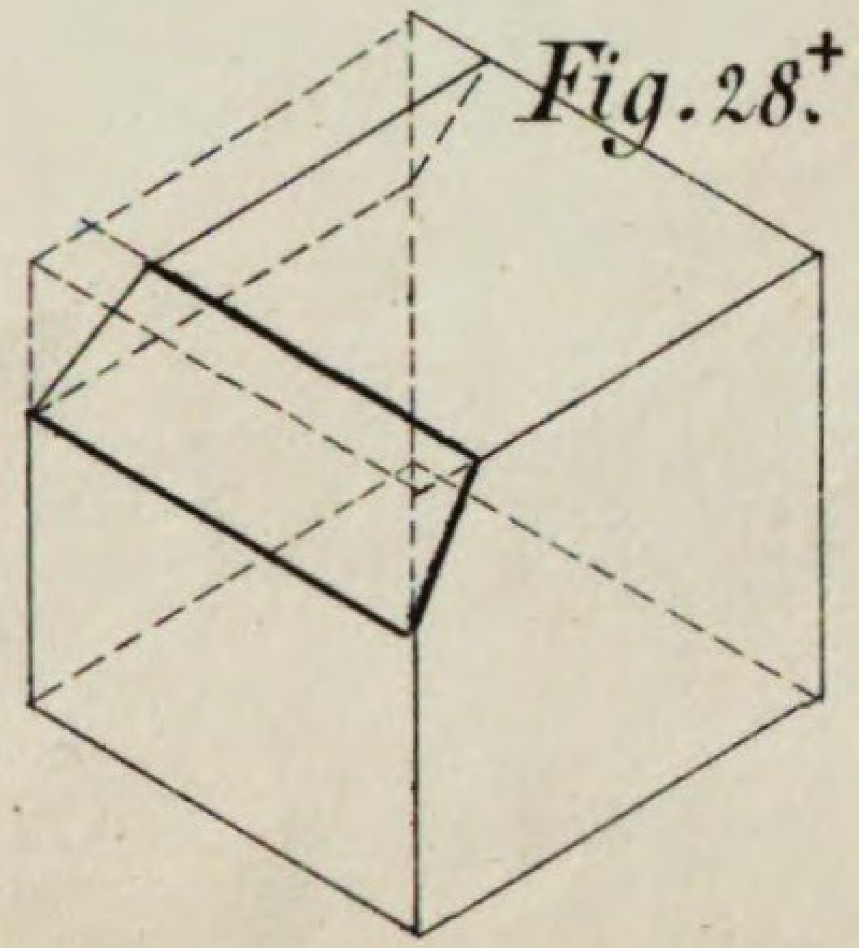


Fig. 28.+

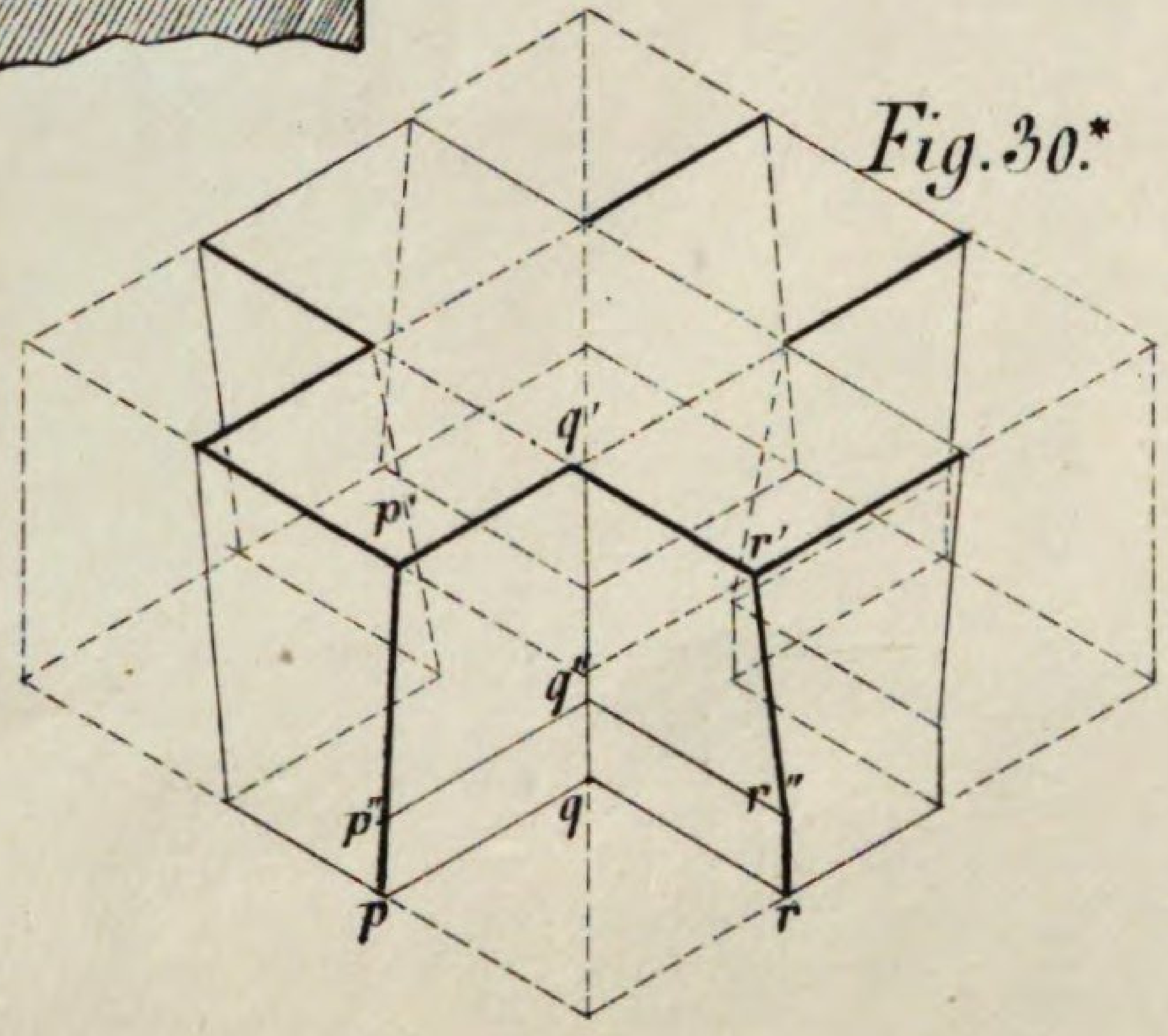


Fig. 30.*

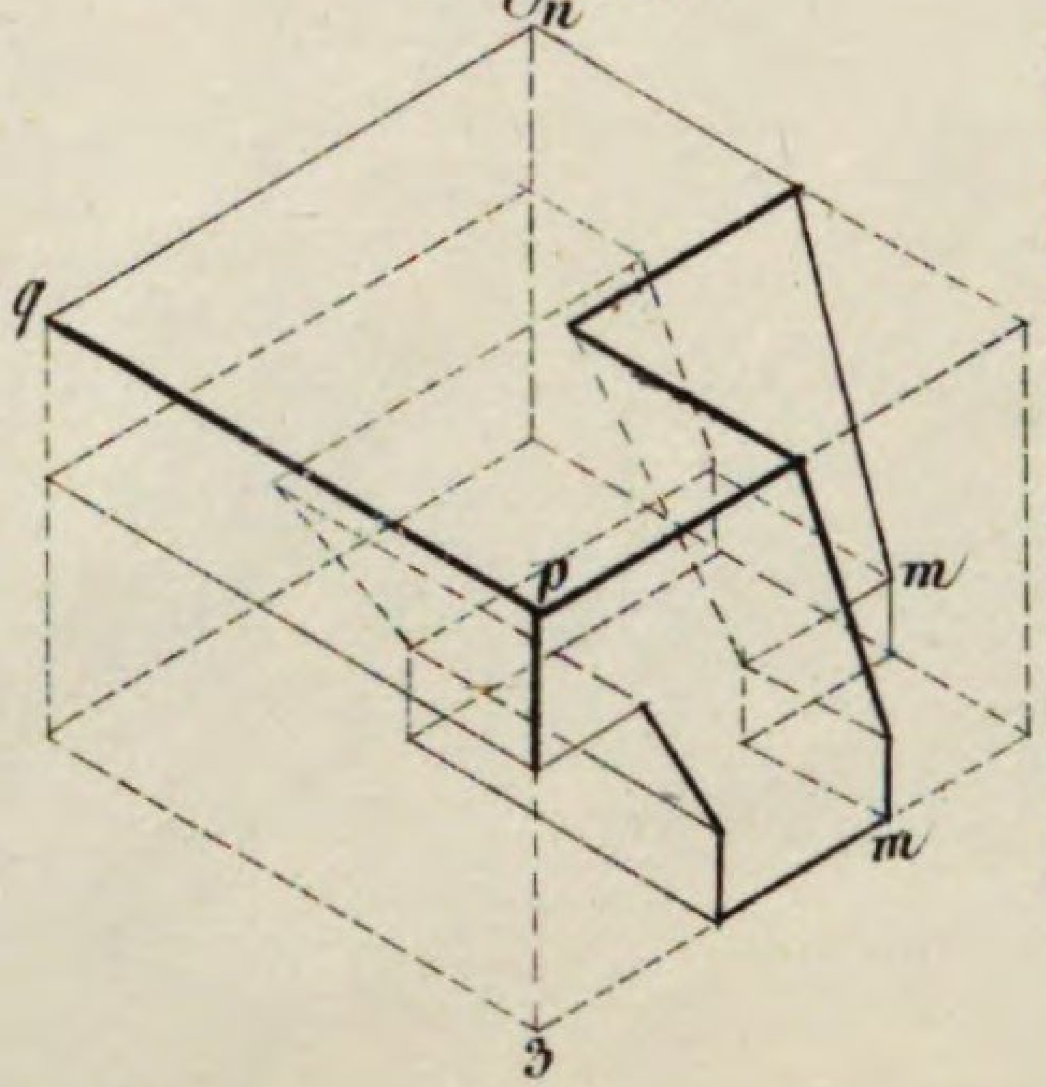


Fig. 32.+

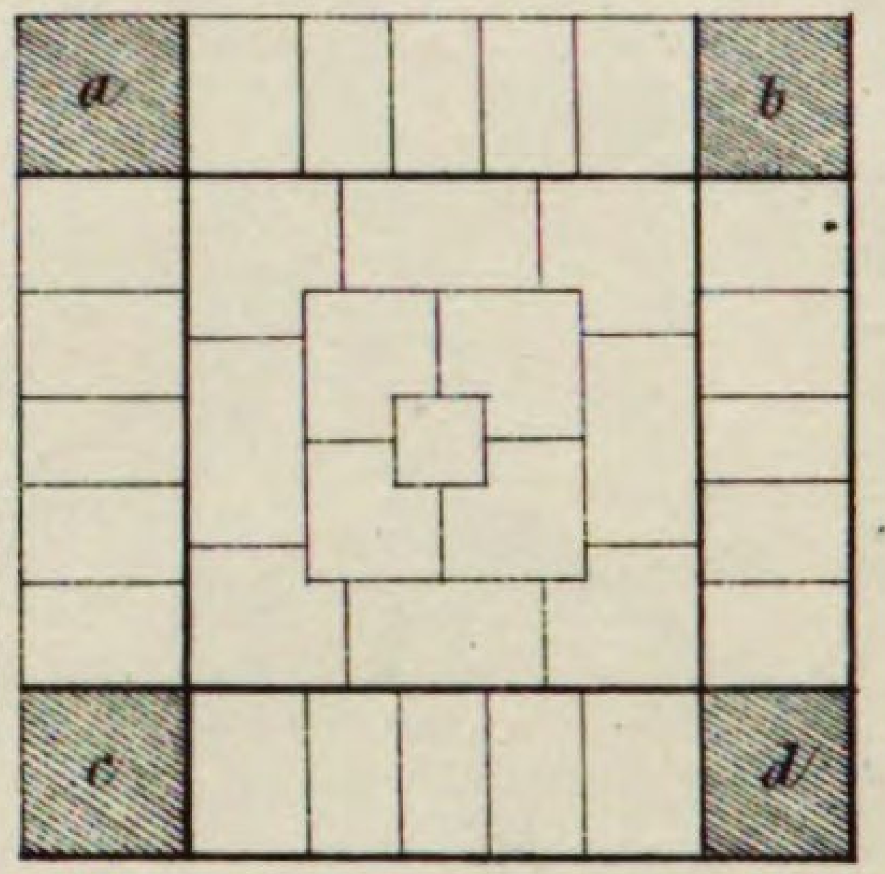


Fig. 33.

Fig. 48.*
Fig. 49.*
Fig. 50.*
Fig. 51.a*
Fig. 52.*
Fig. 53.*
Fig. 54.*
Fig. 55.*
Fig. 51.*

Thüren in schiefen und in Böschungsmauern.

Fig. 59.*

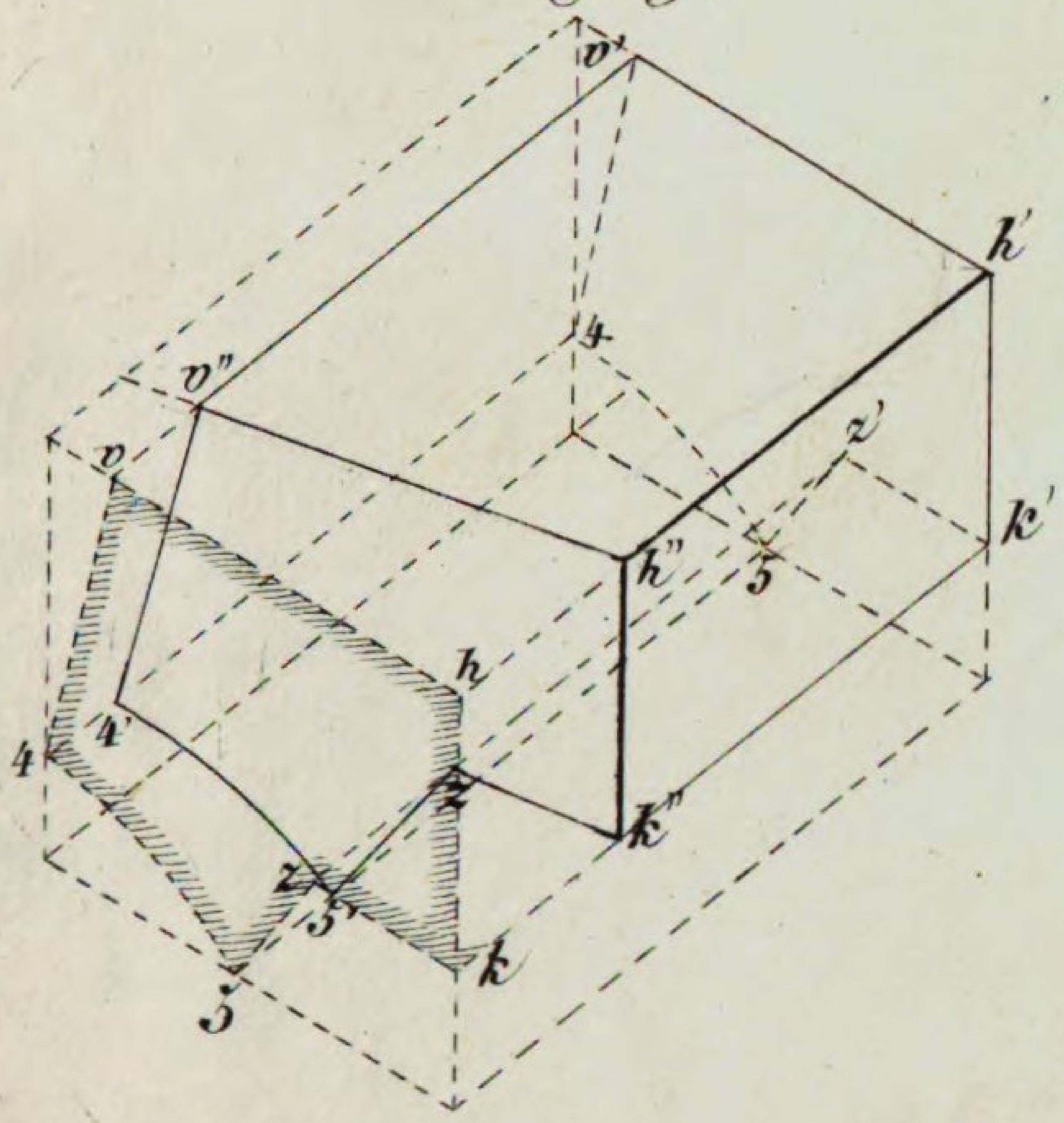


Fig. 62.*

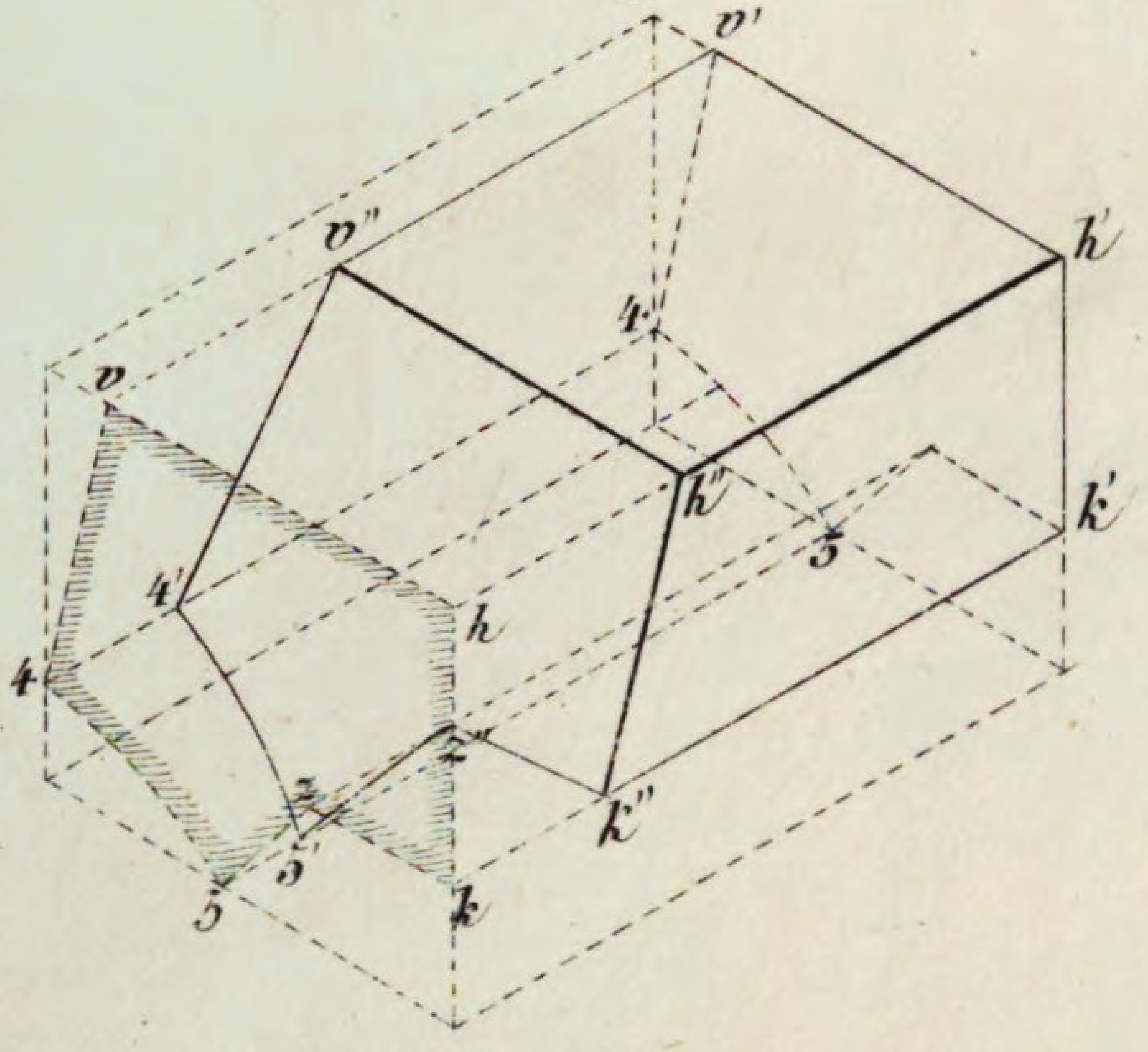
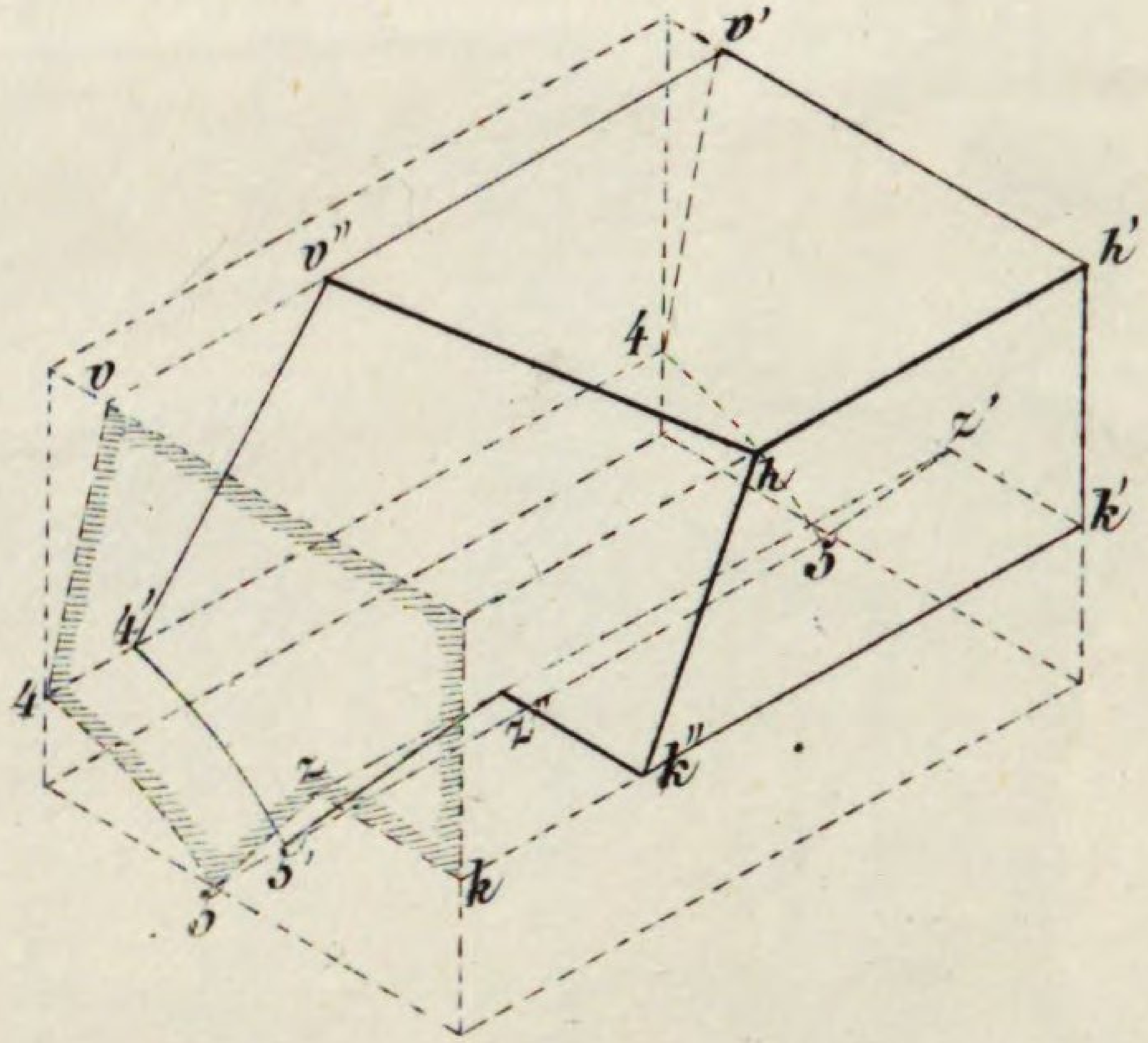


Fig. 65.*



Thüren in runde Mauern.

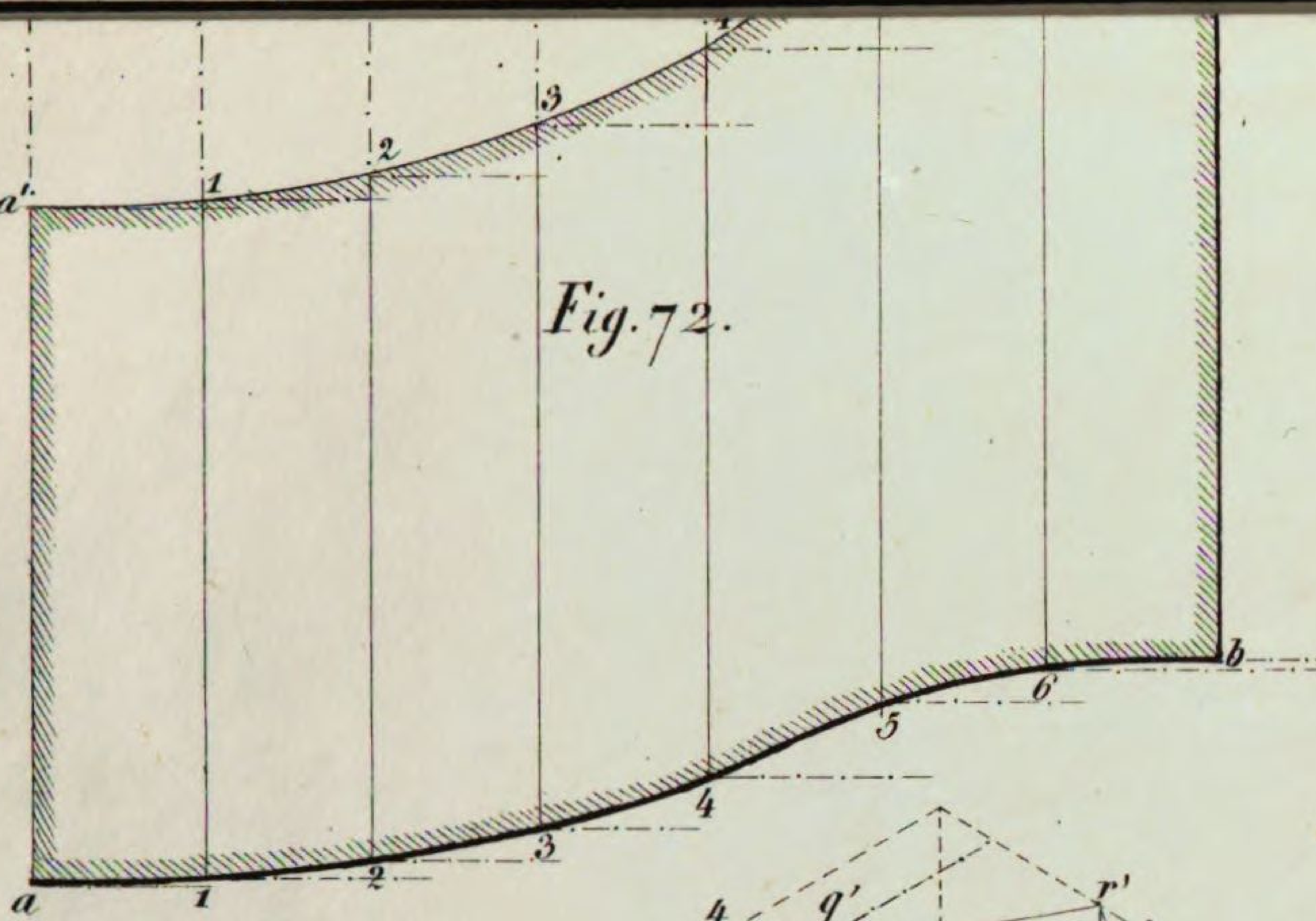


Fig. 72.

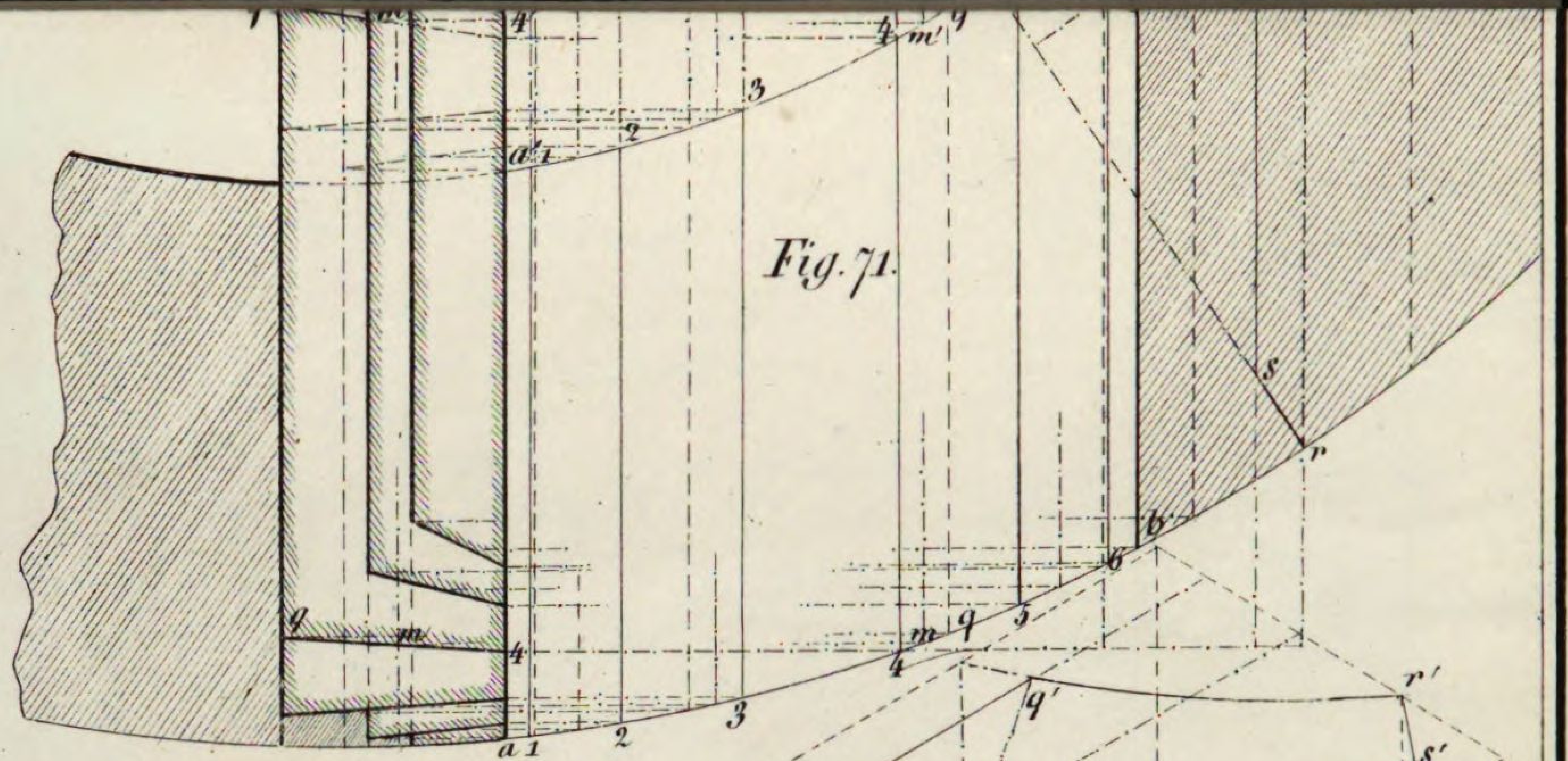


Fig. 71.

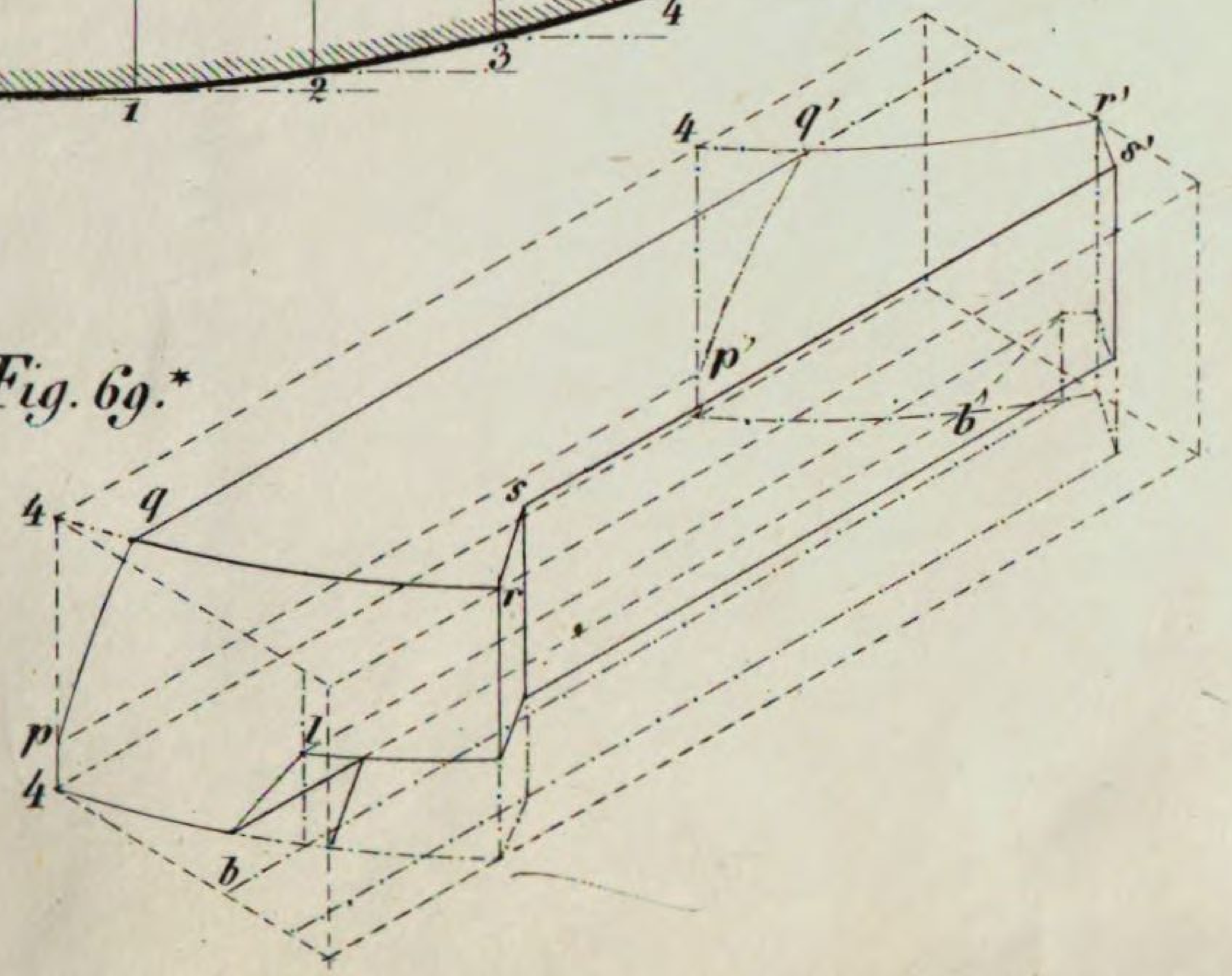


Fig. 69.*

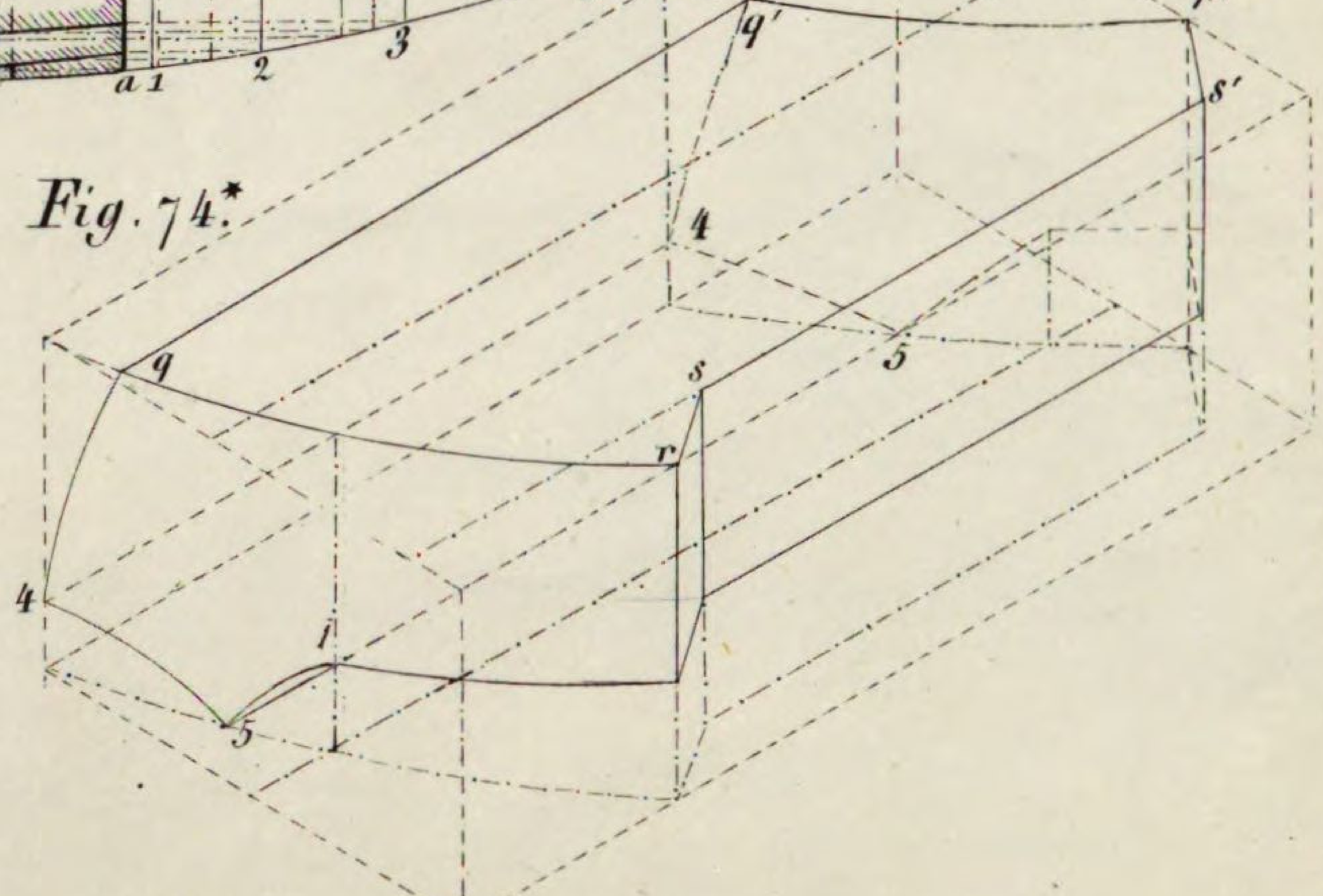


Fig. 74.*

Schiefes Cylindergewölbe durch eine Mauer.

Fig. 82.

Fig. 83.+

Fig. 86.+

Fig. 87.+

Kreuzgewölbe.

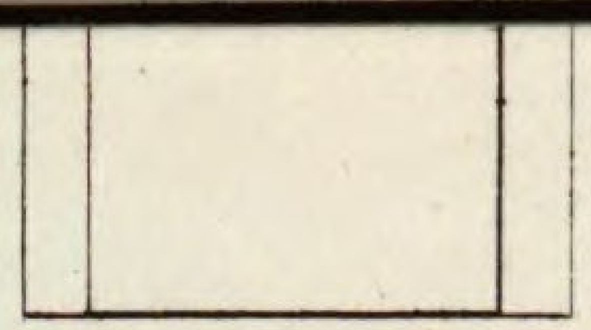


Fig. 96.†

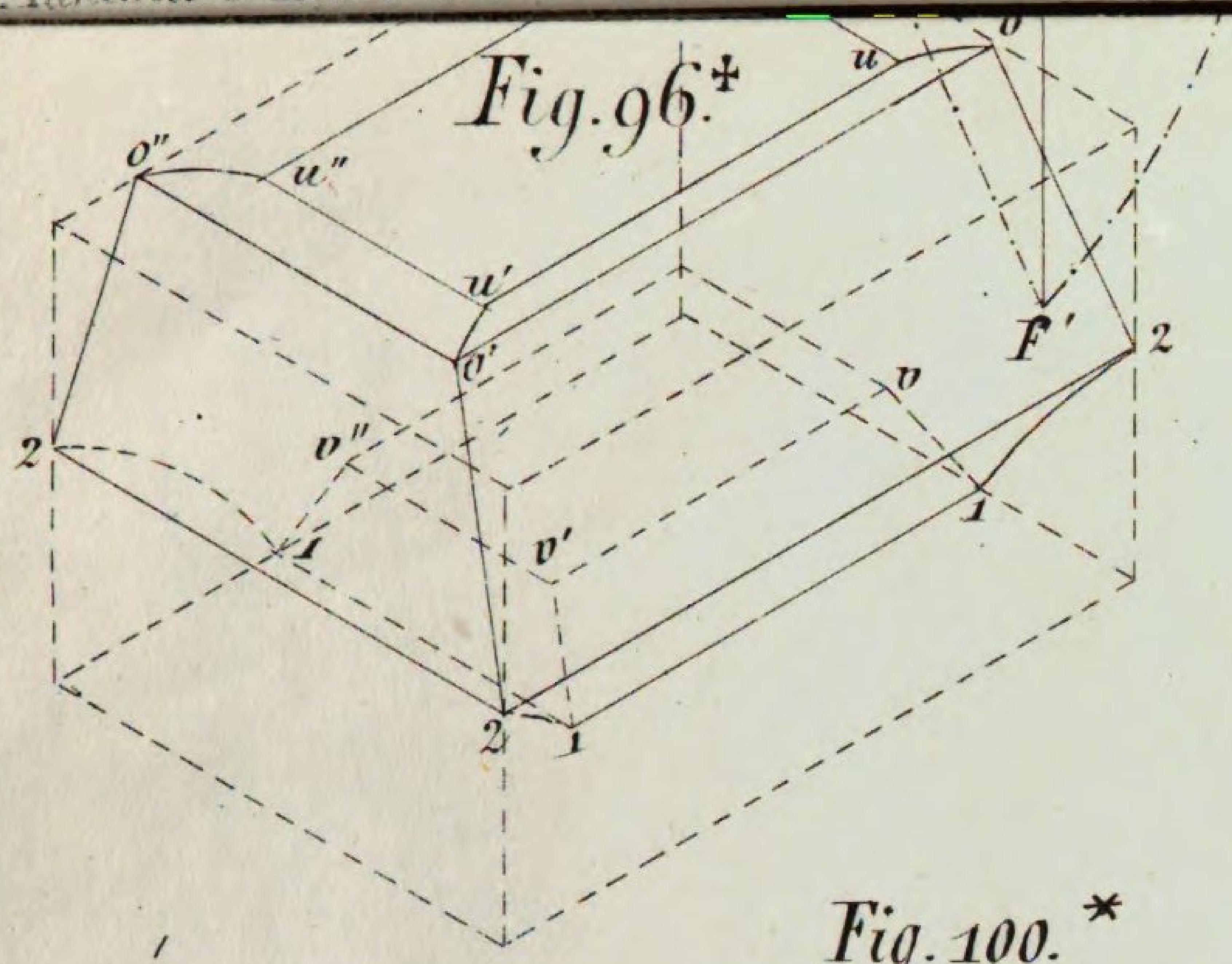


Fig. 91.†

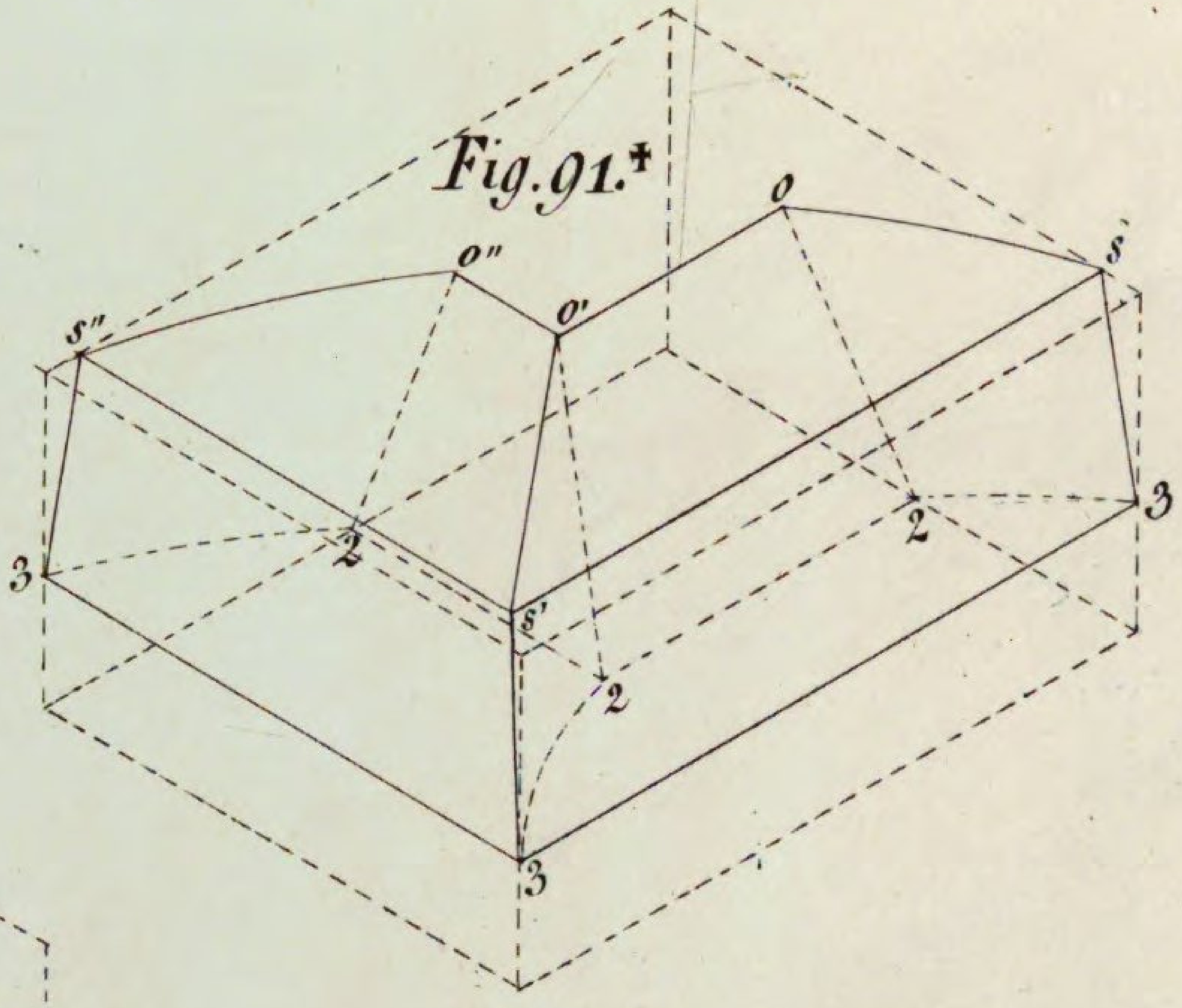


Fig. 100.*

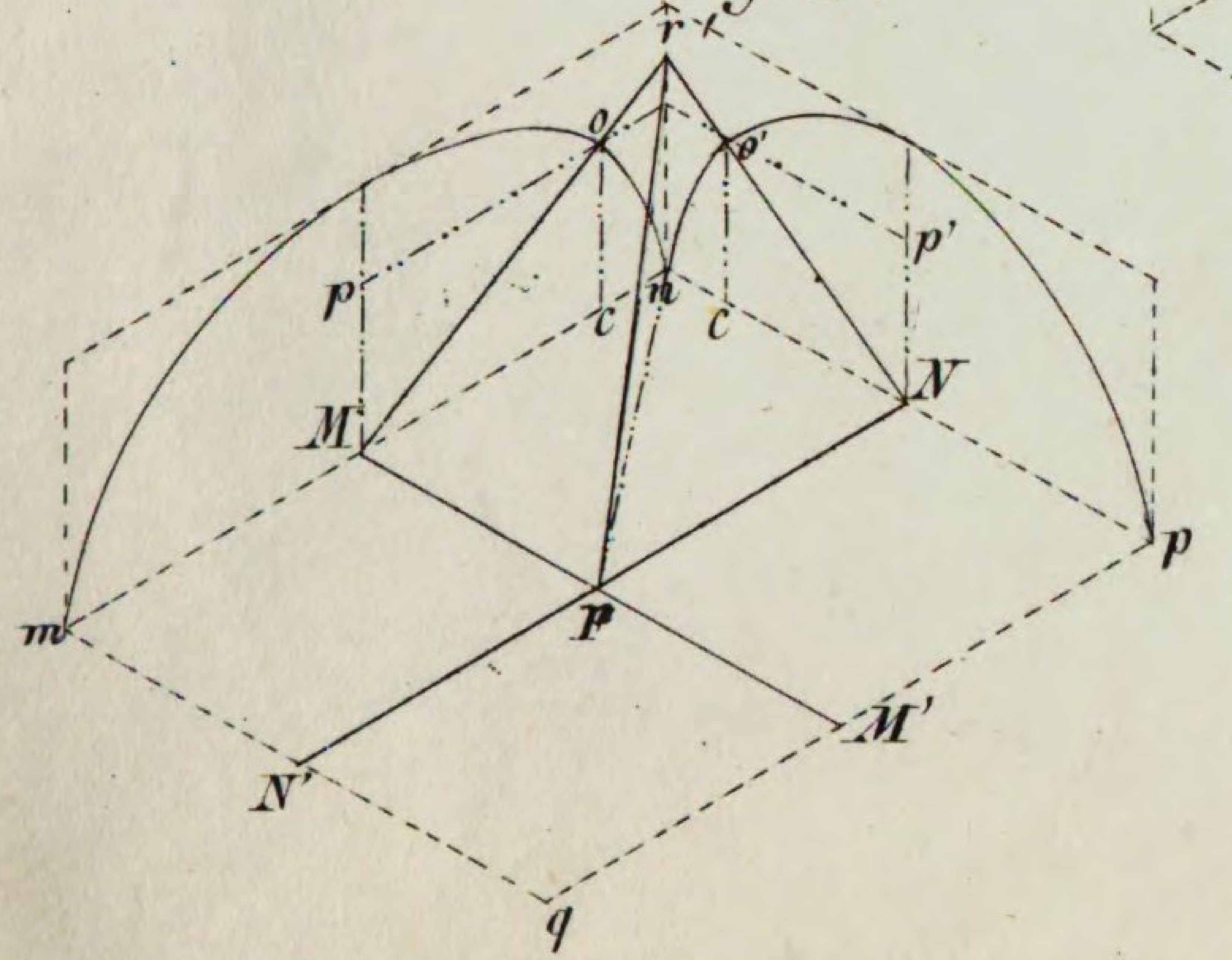
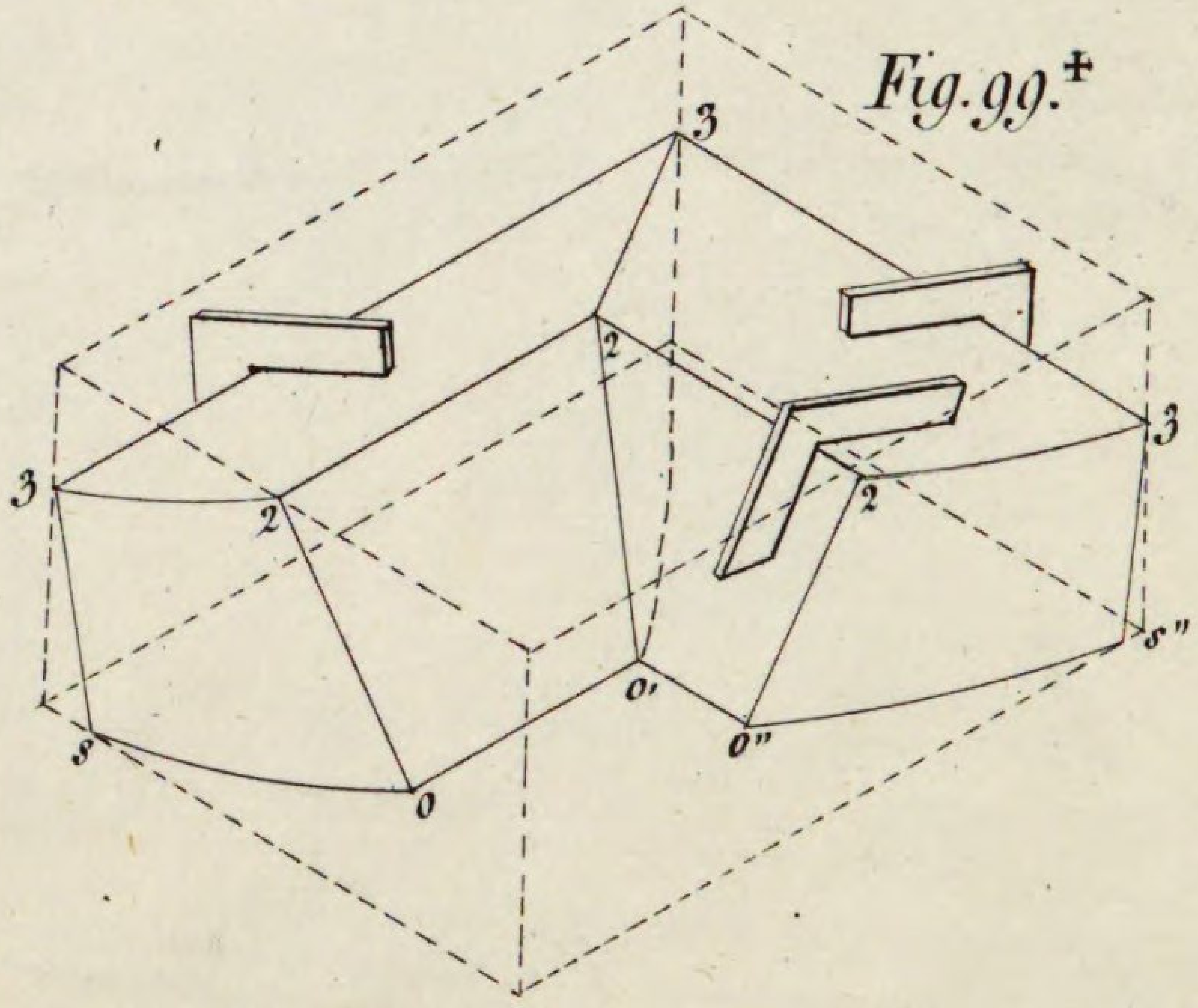


Fig. 99.†



Kreuzgenwölbe.

Fig. 107.

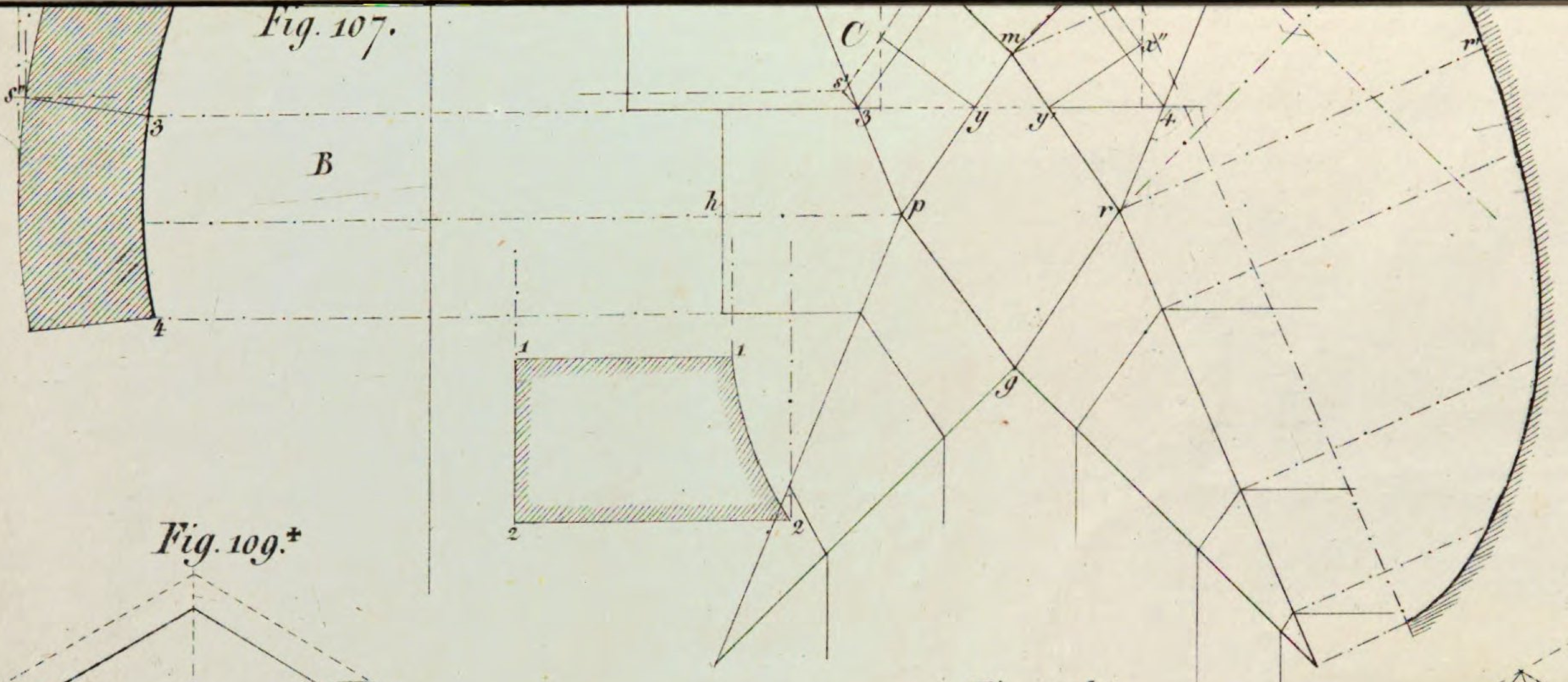


Fig. 109.+

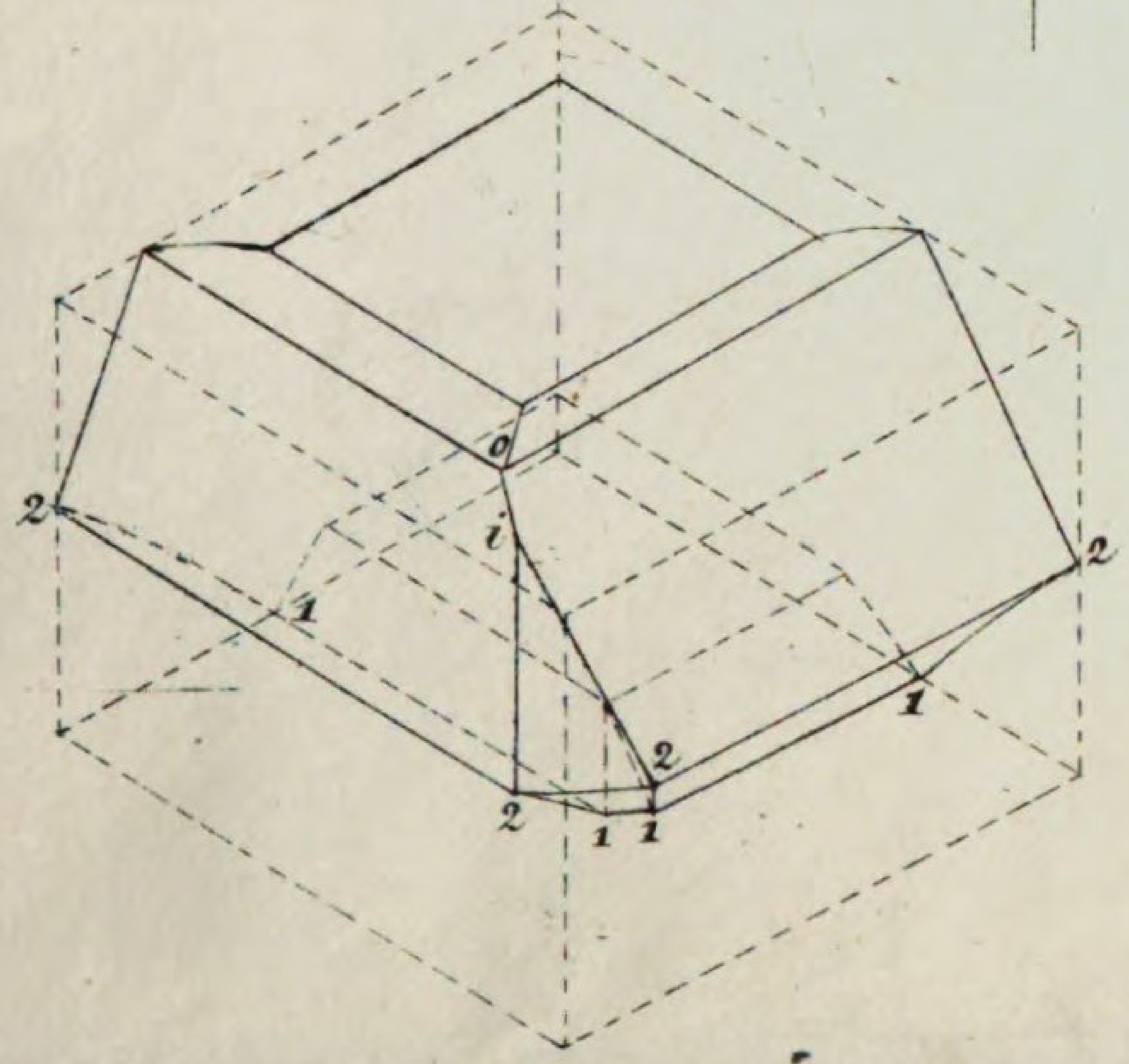


Fig. 111.+

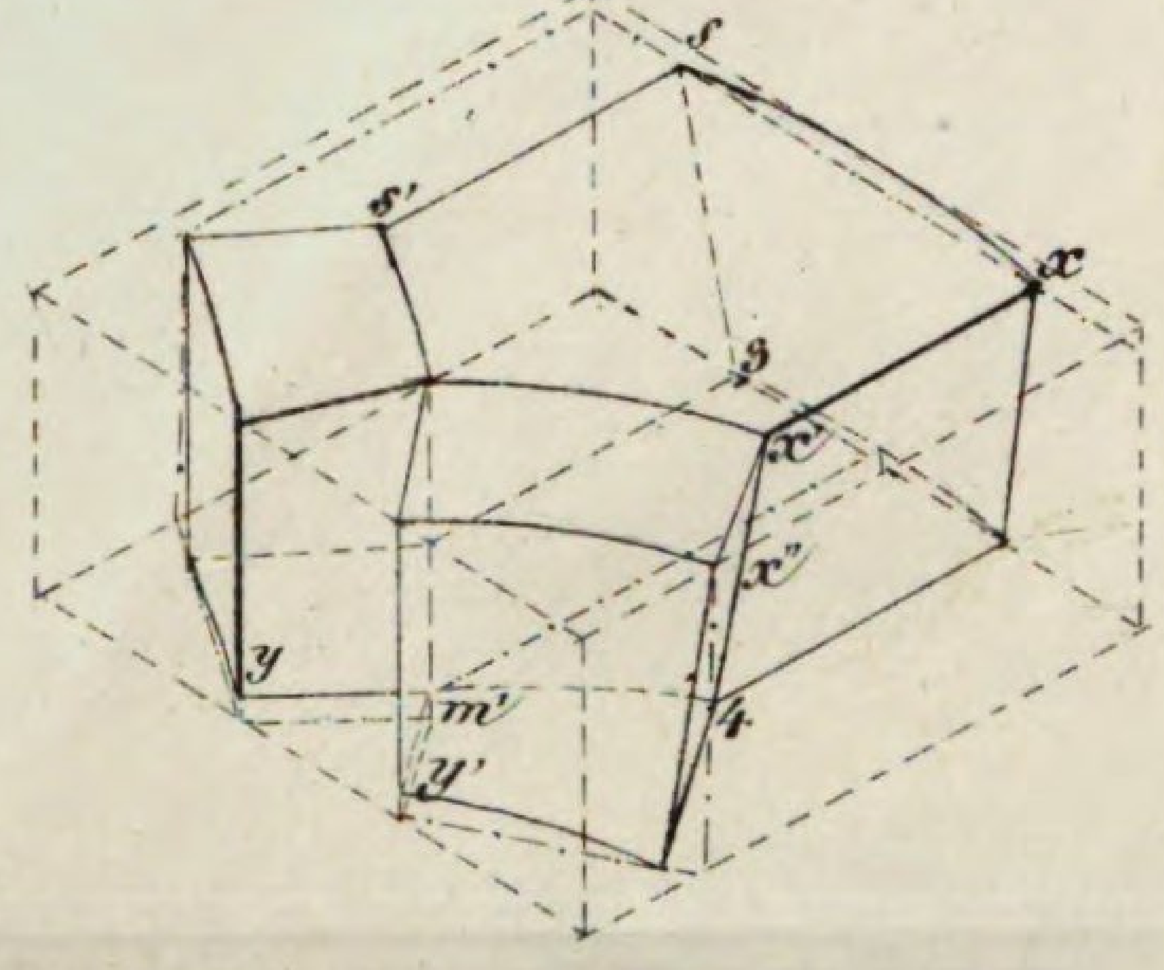
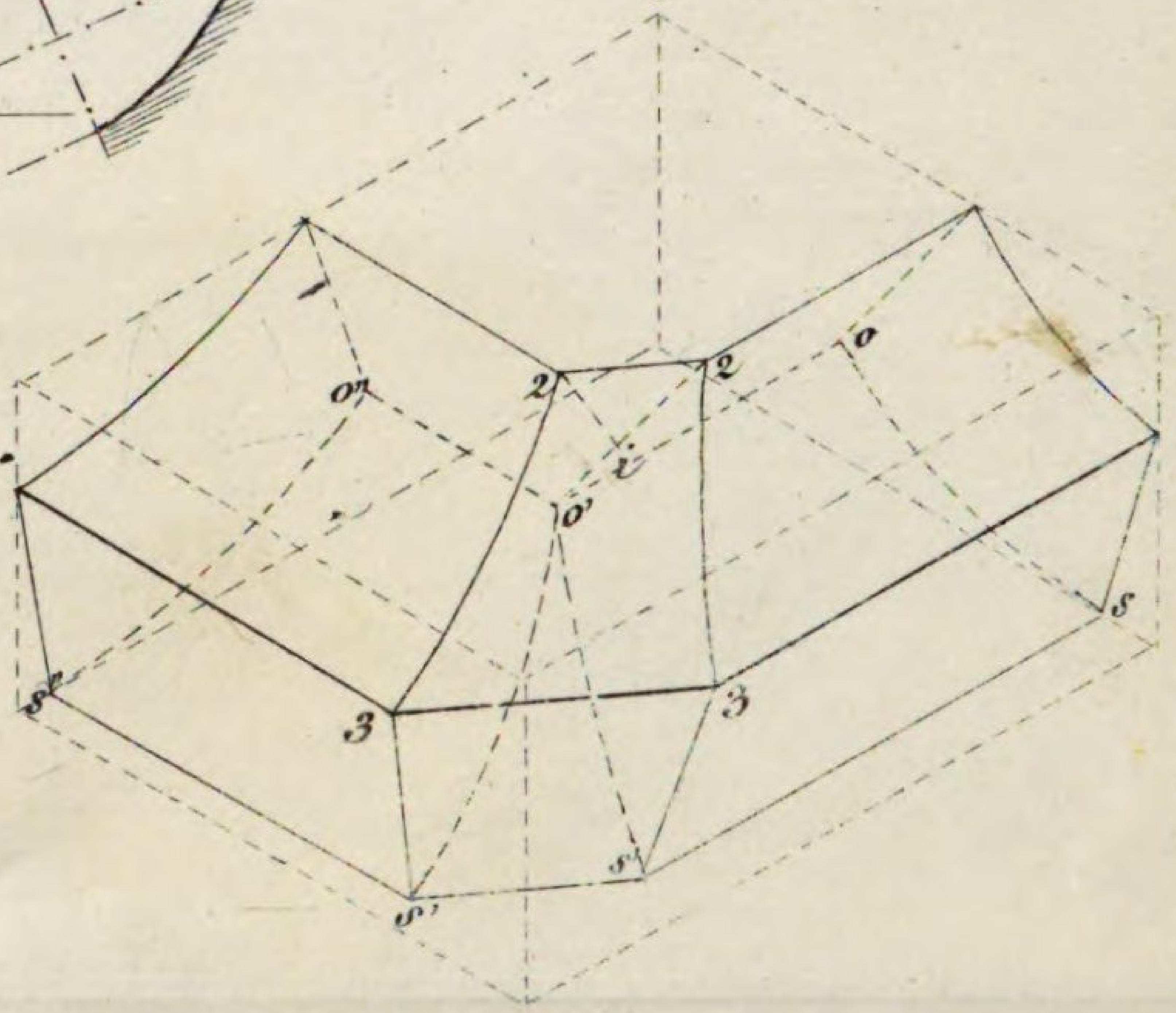


Fig. 110.+



[illegible]

8 Песни

[illegible]

BSB Bayerische StaatsBibliothek
MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Adhémar, Joseph,

Die Lehre vom Steinschnitte zum Gebrauch f. Civilingenieure und die Studierenden an Bauschulen, höheren Gewerbsschulen und polytechnischen Lehranstalten

Solothurn 1838

Augsburg, Staats- und Stadtbibliothek -- Techn 2
urn:nbn:de:bvb:12-bsb11283436-6